



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**"DISEÑO DE 2.5 KILOMETROS DE PAVIMENTO ARTICULADO, POR EL MÉTODO AASHTO 93, EN EL TRAMO DE CARRETERA EMPALME TRANQUERA – EL PEDERNAL, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LIMAY, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ".**

**Para optar al título de ingeniero civil.**

**Autores:**

Br. María José Valdivia Lazo.  
Br. Carlos Ramón Olivas Obregón.  
Br. Yslin Bethania Bertrand Cruz.

**Tutor:**

Ing. José Bustamante.

Managua, Enero del 2019.



Managua, 16 de octubre del 2018

**Doctor**

**ING. OSCAR ISAAC GUTIÉRREZ SOMARRIBA**

Decano

Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI

Su Oficina.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la monografía que lleva por nombre: **"DISEÑO DE 2.5 KILOMETROS DE PAVIMENTO ARTICULADO, POR EL MÉTODO AASHTO 93, EN EL TRAMO DE CARRETERA EMPALME TRANQUERA – EL PEDERNAL, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LIMAY, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ"**. Está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Br. María José Valdivia Lazo, Br. Carlos Ramón Olivas Obregón, Br. Yslin Bethania Bertrand Cruz**, bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha monografía, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente:

---

Msc.Ing. José Bustamante Arteaga.

CC: Archivo.

## **RESUMEN EJECUTIVO.**

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: **"DISEÑO DE 2.5 KILOMETROS DE PAVIMENTO ARTICULADO, POR EL MÉTODO AASHTO 93, EN EL TRAMO DE CARRETERA EMPALME TRANQUERA – EL PEDERNAL, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LIMAY, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ"**.

Este documento consta de cinco capítulos, donde cada uno aborda un tema específico.

### **CAPÍTULO I. GENERALIDADES.**

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto como Ubicación, una breve introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de los 2.5 km de adoquinado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

### **CAPÍTULO II: ESTUDIO TRANSITO.**

Para cumplir con el primer objetivo propuesto, se realizó un conteo vehicular en la estación 0+000 (inicio del proyecto) donde se captó el 100% de los vehículos, luego se estimó TPDiS (Tráfico Promedio Diurno Semanal) el cual se calculó por medio de los datos recolectados en el conteo vehicular, realizado durante 7 días consecutivos 12 horas diurnas (6 am-6 pm), con el objetivo de estimar el TPDA (Tráfico Promedio Diurno Anual) para el cual se utilizaron factores de ajustes de la estación de corta duración (Estación ECD-142 Empalme San Nicolás- Estelí), los factores utilizados fueron: FD (factor día) y FE (Factor expansión).

Luego se realizaron correlaciones de los datos de TPDA Vs PIB (producto interno bruto) y TPDA Vs POB (población) con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento para proyectar el tráfico actual, esto en un periodo de diseño luego se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL s) o W18.

### **CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTECNICO.**

Se analizó el estudio de suelos realizado por CONDISA (Consultoría e Ingeniería SA), con el objetivo de conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente y bancos de materiales cercanos al proyecto. De los 11 sondeos de línea a cada 250 metros se tomaron 25 muestras. Los bancos de préstamos se evaluaron en base a las recomendaciones de la NIC-2000 (Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes), para determinar si cumplen para ser utilizados como base o subbase. Posterior se realizó el cálculo del CBR de la subrasante para determinar su módulo resiliente.

### **CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.**

Después de conocer las propiedades del suelo y realizar las proyecciones del tráfico se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas y luego el software WinPAS, para la comprobación del Diseño.

Los principales parámetros asumidos para determinar los espesores del tramo a adoquinar, fueron: Confiabilidad (**R**), Desviación Estándar (**So**), Capacidad de Servicio Inicial (**Po**), Capacidad de Servicio Final (**Pt**), Pérdida de serviciabilidad ( **$\Delta psi$** ), Coeficiente de drenaje (**mi**), Coeficientes de capa ( **$a_n$** ), Número de Ejes Equivalentes **ESAL's o W18**, será el número de aplicaciones equivalente a 18 KN, por último, Módulo resiliente de la Sub-Rasante (**MR**). Estos parámetros brindarán los espesores de la carpeta de rodamiento.

### **CAPÍTULO V: IMPACTO AMBIENTAL.**

Comprende una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de todos los efectos positivos y negativos que las acciones del proyecto provoquen a los factores ambientales tanto en la etapa construcción y operación. Por ello se realizó la matriz de Leopold, donde se determinó que los principales efectos negativos se darán en la etapa de construcción y en su mayoría serán de baja intensidad. Para dar solución a los impactos de carácter negativo se propondrán medidas preventivas o correctivas.

# INDICE DE CONTENIDO

## **CAPÍTULO I GENERALIDADES**

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1 Localización del proyecto.....	3
1.2. ANTECEDENTES.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8

## **CAPÍTULO II ESTUDIO DE TRÁNSITO**

2.1. Introducción.....	9
2. 2 Metodología.....	9
2. 2. 1. Recopilación de Datos.....	10
2. 2. 2. Periodo de aforo de tránsito.....	11
2. 2. 3. Clasificación de vehículos.....	11
2. 2. 4. Tipos de vehículos.....	11
2. 2. 5. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.....	12
2. 2. 6. Clasificación de ejes.....	13
2. 2. 7. Pesos permisibles por tipos de vehículos.....	13
2. 2. 8. Procesamientos de Datos.....	13
2. 2. 9. Resultados de los aforos de tránsito.....	13
2. 2. 10. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDiS).....	15
2. 3. Calculo del Tránsito Promedio Anual (TPDA).....	17
2. 3. 1 Determinación de Tasas.....	20
2. 3. 2 Tasas de crecimiento.....	21
2. 3. 3 Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).....	22
2. 3. 4 Análisis de Población (POB).....	23
2. 3. 5 Proyección de Tráfico.....	23
2. 3. 6 Calculo de Proyección de Tráfico.....	28
2. 4 Análisis de la información obtenida.....	29
2. 4. 1. Tasa de Crecimiento Seleccionada.....	29
2. 5 Tráfico de Diseño (TD).....	29
2. 5. 1 Factor de Crecimiento.....	30
2. 5. 2 Período de Diseño (PD).....	30
2. 5. 3 Factor Distribución Por Dirección (FD).....	31

2. 5. 4 Factor Distribución Por Carril (FC).	31
2. 5. 5 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).	32
2. 5. 6 El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).	32
2. 5. 7 Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI).	32
2. 5. 8 Número Estructural Asumido (SN).	32
2. 5. 9 Factor de Equivalencia (FESAL).	33
2. 6 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).	33

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTUDIO GEOTÉCNICO**

3.1. Generalidades.	37
3.2. Metodología.	37
3.2.1. Estudios de laboratorio.	38
3.2.2. Características Geotécnicas.	39
3.2.3. Problemas Geotécnico.	39
3.2.4. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.	40
3.2.5. Análisis de los Resultados.	41
3.2.6. Estratigrafía del Terreno.	45
3.2.7. Resultados de ensayos de Bancos de materiales.	46
3.2.7.1. Banco de Préstamo N – 1 (Santiago Pérez).	46
3.2.7.2. Banco de Préstamo N – 2 (Manuel Santamaría).	47
3.2.8. Análisis de Bancos de préstamos.	48
3.2.8.1. Estabilización con cemento del material de Bancos préstamos.	51
3.3. CBR de Diseño.	52

### **CAPÍTULO IV**

#### **DISEÑO DE PAVIMENTO**

5.1. Generalidades.	55
5.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93.	55
5.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL).	55
5.2.2. Confiabilidad (R).	56
5.2.3. Desviación estándar (So).	57
5.2.4. Serviciabilidad (Po, Pt).	58
5.2.5. Coeficiente de Drenaje (mi).	58
5.2.6. Cálculo del CBR de diseño.	59
5.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).	59
5.2.8. Coeficientes de capa ( $a_n$ ).	60
5.2.9. Número Estructural.	63
5.3. Calculo de Espesores.	64
5.3.1. Cálculo del espesor de la base ( $D_2$ ) y Sub-base ( $D_3$ ).	66
5.3.2. Espesores finales de Diseño.	67
5.4. Uso del programa WinPAS.	68

## **CAPÍTULO V**

### **IMPACTO AMBIENTAL**

5.1. Introducción. ....	74
5.2. Metodología de la Valoración Ambiental. ....	74
5.3. Marco Político, Legal y Administrativo. ....	75
5.3.1. Constitución Política de Nicaragua y sus reformas. ....	76
5.3.2. Ley de Organización, Competencia y Procedimiento (Ley 290). ....	76
5.3.3. Reglamento de la Ley General del Medio Ambiente. ....	77
5.3.4. Ley Especial Para el uso de Bancos de Materiales (Ley 730). ....	78
5.3.5. Ley de Aguas Nacionales (Ley 620). ....	78
5.4. Área de influencia. ....	79
5.4.1. Área de Influencia Directa (AID). ....	79
5.4.2. Área de Influencia Indirecta (All). ....	80
5.5.1. Medio Físico. ....	81
5.5.1.1. Clima. ....	81
5.5.1.2. Precipitación. ....	81
5.5.1.3. Temperatura. ....	82
5.5.1.4. Humedad Relativa. ....	82
5.5.1.6. Amenaza por Inundación. ....	83
5.5.1.7. Amenaza Sísmica. ....	84
5.5.2. Medio Biótico. ....	85
5.5.2.1. Flora. ....	85
5.5.2.2. Fauna Silvestre. ....	85
5.5.3. Medio Socioeconómico. ....	86
5.5.3.1. Población. ....	86
5.5.3.2. Principales Indicadores de Vivienda. ....	87
5.5.3.3. Educación y Salud. ....	88
5.6. Impactos Ambientales y Sociales potenciales del proyecto. ....	88
5.7. Matriz de Caracterización del Proyecto. ....	92
5.8. Medida Preventivas y Correctivas. ....	104
CONCLUSIONES. ....	109
RECOMENDACIONES. ....	111
BIBLIOGRAFIA. ....	113
ANEXOS. ....	



## INDICE DE TABLAS

Tabla- 1: Aforo Vehicular.	11
Tabla- 2: Clasificación Vehicular.	11
Tabla- 3: Aforo Vehicular 7 Días.	14
Tabla- 4: Tráfico Promedio Diurno Semanal de 12 Horas.	15
Tabla- 5: Dependencia de Estaciones (Estación Epm. Chichigalpa- Chinandega).	17
Tabla- 6: Factores del Año Enero- Abril EMC 1205 - Chichigalpa-Chinandega.	18
Tabla- 7: Tráfico Promedio Diurno Anual (TPDA).	19
Tabla- 8: Registros Históricos del PIB, TPDA y Población.	20
Tabla- 9: Evolución TPDA de la Estación N°142 (Empalme San Nicolás Estelí).	21
Tabla- 10: Datos Históricos del Producto Interno Bruto (PIB).	22
Tabla- 11: Datos Históricos de Población (POB).	23
Tabla- 12: Correlación TPDA ECD-142 Vs PIB.	24
Tabla- 13: Resultados de Correlación TPDA (ECD-142) y PIB (Miles \$).	25
Tabla- 14: Correlación TPDA ECD-142 Vs POB.	26
Tabla- 15: Resultados de Correlación TPDA (ECD-142) y POB (Miles/ Hab).	27
Tabla- 16: Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).	28
Tabla- 17: Período de Diseño.	30
Tabla- 18: Factor de Distribución por Dirección.	31
Tabla- 19: Factor Distribución por Carril.	31
Tabla- 20: Tránsito de Diseño en un Periodo de 15 Años.	33
Tabla- 21: Factores de ejes Kips a Interpolar.	34
Tabla- 22: Calculo del Factor Equivalente de Carga Según su Tipología.	34
Tabla- 23: Calculo del Factor Equivalente de Carga Según su Tipología.	35
Tabla 24: Cálculo ESAL 'S del Carril de Diseño.	36
Tabla 25: Ensayos de Laboratorio.	38
Tabla 26: Correlación de tipos de suelo AASHTO-SUCS.	39
Tabla 27: Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-1 - SM-5).	42
Tabla 28: Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-5 - SM-11).	43
Tabla 29: Resultado de CBR (SM-1 - SM-11).	44
Tabla 30: Bancos de Materiales propuestos a utilizar en el desarrollo del proyecto.	46
Tabla 31: Granulometría y Clasificación de Bancos de Materiales.	48
Tabla 32: Propiedades físico-mecánicas de los bancos de materiales.	48
Tabla 33: Especificaciones de Materiales para Base Granular.	48
Tabla 34: Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular.	49
Tabla 35: Requisitos que debe cumplir cada Banco.	50
Tabla 36: Resultados de estabilización Banco N° 1.	51
Tabla 37: Resultados de estabilización Banco N° 2.	51
Tabla 38: Banco de material a utilizar.	51
Tabla 39: Especificaciones para terraplenes y materiales para sub- rasante.	52
Tabla 40: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.	53
Tabla 41: Valores a utilizar para el Cálculo de CBR de Diseño.	53
Tabla 42: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.	56
Tabla 43: Valores de Zr en función de la Confiabilidad R.	57
Tabla 44: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.	57
Tabla 45: Factores de Serviciabilidad.	58
Tabla 46: Capacidad del Drenaje para Remover la Humedad.	59
Tabla 47: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad	59
Tabla 48: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub-rasante.	60
Tabla 49: Espesores mínimos sugeridos por capa.	66
Tabla 50: Espesores de Diseño.	67
Tabla 51: Datos de Entrada en WinPAS.	69

Tabla 52: Listado de las Especies Encontradas en la Vegetación Riparia.	85
Tabla 53: Lista de Anfibios Encontrados en el Área de Estudio.	85
Tabla 54: Lista de Reptiles Encontrados en el Área del Proyecto.	86
Tabla 55: Población Micro Región I.	86
Tabla 56: Principales Indicadores de Vivienda en AID.	87
Tabla 57: Centros Escolares identificados en AID.	88
Tabla 58: Centros de Salud identificados en AID.	88
Tabla 59: Matriz de Impactos Positivos (+).	89
Tabla 60: Matriz de Impactos Negativos (-).	90
Tabla 61: Matriz de Impactos Negativos (-).	91
Tabla 62: Etapas del Proyecto.	92
Tabla 63: Características cualitativas de los efectos.	94
Tabla 64: Identificación de Impactos Negativos durante las etapas del proyecto.	95
Tabla 65: Identificación de Impactos Positivos durante las etapas del proyecto.	96
Tabla 66: Valoración de Impactos Negativos durante las etapas del proyecto.	97
Tabla 67: Valoración de Impactos Positivos durante las etapas del proyecto.	98
Tabla 68: Matriz Causa-Efecto para Impactos Negativos.	99
Tabla 69: Matriz Causa-Efecto para Impactos Positivos.	100
Tabla 70: Valor de Impacto (VI).	101
Tabla 71: Resumen de Impactos (Negativos).	101
Tabla 72: Resumen de Impactos (Positivos).	101
Tabla 73: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.	105
Tabla 74: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.	106
Tabla 75: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.	107
Tabla 76: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.	108

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Macro-Localización Municipio de San Juan de Limay.	3
Imagen 2: Micro-localización del proyecto.	4
Imagen 3: Ubicación del punto de conteo vehicular.	10
Imagen 4: Estructura Final de Pavimento.	68
Imagen 5: Software de diseño WinPAS.	69
Imagen 6: Selección del Tipo de Pavimento a diseñar.	70
Imagen 7: Introducción de Datos en WinPAS.	70
Imagen 8: Calculo de SN requerido en WinPAS.	71
Imagen 9: SN requerido.	71
Imagen 10: Introducción de Layers de Diseño.	72
Imagen 11: Espesores de Diseño.	73
Imagen 12: Área de influencia Directa.	79
Imagen 13: Área de influencia Indirecta.	80
Imagen 14: Fragmento del mapa climático de Nicaragua, del área del proyecto.	81
Imagen 15: Amenaza por Deslizamiento.	83
Imagen 16: Amenaza por Inundación.	84
Imagen 17: Amenaza sísmica.	84
Imagen 18: Mapa de Pobreza de Nicaragua	87

## INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Comportamiento de Tráfico Diurno 12 Horas.	14
Grafico 2: Tráfico Promedio Diurno 12 horas por Tipo de Vehículo.	16
Grafico 3: Composición Vehicular Empalme La Tranquera –El Pedernal.	19
Grafico 4: Correlación TPDA ECD-142 Vs PIB.	24
Grafico 5: Correlación LN TPDA Vs LN PIB.	25
Grafico 6: Correlación TPDA ECD-142 Vs POB.	26
Grafico 7: Correlación LN TPDA ECD-142 Vs LN POB	27
Grafico 8: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+000 a 0+300).	45
Grafico 9: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+400 a 0+700).	45
Grafico 10: Cálculo del CBR de Diseño.	54
Grafico 11: Obtención del Coeficiente estructural $a_2$ tratada con Cemento.	62
Grafico 12: Obtención del Coeficiente estructural $a_3$ Granular.	63
Grafico 13: Obtención del Numero estructural $SN_2$ y $SN_3$ .	65
Grafico 14: Distribución Anual de la Precipitación.	82
Grafico 15: Temperatura Máxima y Mínima Anualmente en el Área del Proyecto.	82
Grafico16: Distribución de la Humedad Relativa Anualmente en la zona del Proyecto.	83
Grafico 17: Etapa de construcción Grado de Alteración (-).	102
Grafico 18: Etapa de construcción Grado de Alteración (+).	102
Grafico 19: Etapa de Operación Grado de Alteración (-).	103
Grafico 20: Etapa de Operación Grado de Alteración (+).	103

## **NOMENCLATURAS UTILIZADAS**

**TPDIS:** Trafico Promedio Diurno Semanal.

**TPDA:** Transito Promedio Diario Anual.

**FD:** Factor Día.

**FS:** Factor Semana.

**FE:** Factor Expansión.

**PIB:** Producto Interno Bruto.

**POB:** Población.

**EMC:** Estación de Mayor Cobertura.

**ECD:** Estación de Corta Duración.

**BCN:** Banco Central de Nicaragua.

**$R^2$ :** Coeficiente de Correlación.

**LN:** Logaritmo Natural.

**TD:** Transito de Diseño.

**LD:** Factor de Dirección.

**LC:** Factor Carril.

**ESAL'S:** Equivalent Single Axle Load.

**FESAL:** Factor Equivalent Single Axle Load.

**IP:** Índice de Plasticidad.

**LL:** Limite Liquido.

**CBR:** California Bearing Ratio.

**AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials.

**SUCS:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

**ASTM:** American Society of Testing Materials.

**CONDISA:** Consultoría y Diseño S.A.

**NTON:** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

**PCA:** Perforaciones de Cielo Abierto.

**Po:** Serviciabilidad Inicial.

**Pt:** Serviciabilidad Final.

**$\Delta$ PSI:** Perdida de serviciabilidad.

**R:** Confiabilidad.

**SN:** Números Estructural.

**$m_i$ :** Coeficiente de Drenaje.

**$S_o$ :** Desviación Estándar.

**$D_{1,2,3}$ :** Espesores de Diseño.

**$A_{1,2,3}$ :** Coeficientes Estructurales.

**SIECA:** Secretaría de Integración económica de Centroamericana.

**INIDE:** Instituto Nicaragüense de Desarrollo.

**MINSAL:** Ministerio de Salud.

**MINED:** Ministerio de Educación.

**MTI:** Ministerio de Transporte e infraestructura.

**MARENA:** Ministerio del Ambiente y los recursos Naturales.

**INETER:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.


**MCA:** Módulos Comunitarios de Adoquinado.

**EIA:** Evaluación de Impacto Ambiental.

**AID:** Área de Influencia Directa.

**AII:** Área de Influencia Indirecta.

**PGA:** Plan de Gestión Ambiental.



# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**



2018

## **1.1 INTRODUCCIÓN.**

El transporte ocupa uno de los roles más importantes en la economía de cualquier país, ya que es uno de los componentes más significativos generando divisas nacionales, y permite a los ciudadanos transportarse ya sea para trasladar sus productos o bien hacer uso de este servicio con fines meramente personales.

En Nicaragua el acceso vial es de mucha importancia para el desarrollo social y económico. En este sentido, la mejora de la accesibilidad ayuda al crecimiento de los sectores productivos y del empleador, lo cual depara un futuro económico positivo para el municipio o departamento que este siendo protagonista de un mejoramiento vial.

El proyecto en análisis pertenece al municipio San Juan de Limay este a su vez al departamento de Estelí y se encuentra a 195 Km de Managua, capital de la República de Nicaragua, es una red vial de significativa importancia ya que por su ubicación geográfica es un punto de convergencia de seis centros de diferentes subsistemas: Achuapa de León, San Francisco del Norte de Chinandega, San José de Cusmapa de Madriz, Pueblo Nuevo, Cóndega y El Regadío de Estelí, los cuales son altamente productivos, por lo que es necesario una vía en buen estado para transportar los rubros producidos en la zona.

La metodología que se empleo es el método AASHTO- 93, ya que éste considera las cargas a las que está expuesta la estructura de pavimento debido al tráfico que circula por ella, este trabajo se basó en la recopilación de datos de campo para los estudios tránsito, suelo y el diseño de pavimento, para luego realizar las debidas proyecciones, calcular CBR, cargas de diseño y posterior con estos datos determinar los espesores de la estructura del pavimento.

El diseño cumple con los criterios y especificaciones de la NIC-2000, el cual aporta elementos técnicos que se debe de tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad, seguridad y comodidad de los usuarios.

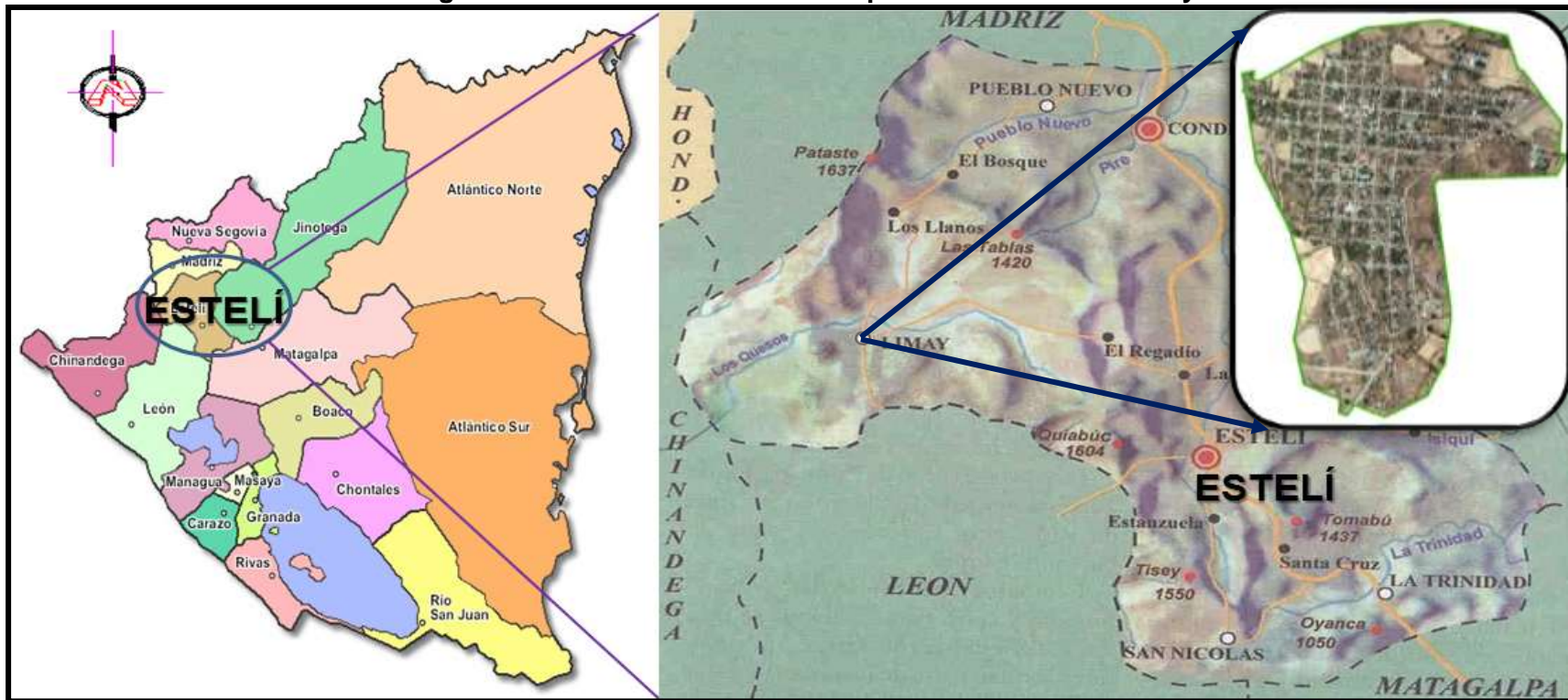
Por último, se realizó una valoración EIA (Evaluación Impacto Ambiental), para determinar los impactos negativos, y positivos, en las diferentes etapas del proyecto, así como en su fase de operación y construcción para luego evaluar las afectaciones que ocasionara sobre el medio (Natural, social y cultural), y así proponer medidas de mitigación y prevención.

### 1.1. 1 Localización del proyecto.

#### 1.1.1.1. Macro-Localización.

El proyecto estará localizado en el municipio de San Juan de Limay, del departamento de Estelí zona norte de Nicaragua entre las coordenadas 13°10'38.0"Norte y 86°36'19.4"Oeste.

Imagen 1: Macro-Localización Municipio de San Juan de Limay.



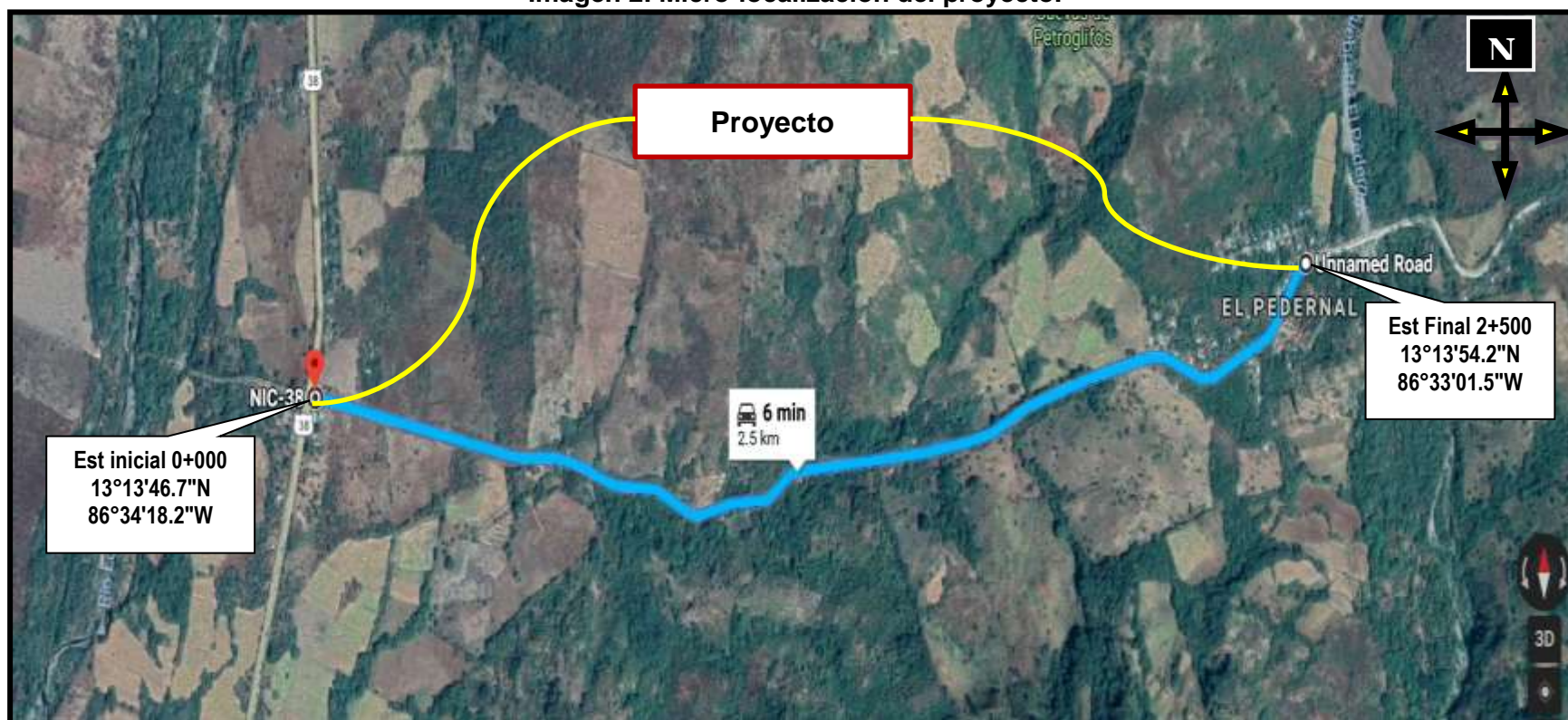
Fuente: Catastro Alcaldía Municipal de Estelí.



### 1.1.1.2. Micro Localización.

Este proyecto está ubicado a 195 kilómetros de la capital Managua, su extensión es de 2,5 km desde el Empalme de Tranquera cerca de la comunidad La Ceibita hasta La comunidad El Pedernal.

Imagen 2: Micro-localización del proyecto.



Fuente: Google Maps.

## 1.2. ANTECEDENTES.

La Villa de Limay o San Juan de Limay, es uno de los seis municipios de Estelí, en el año 1860 la comunidad fue fundada con el nombre de "Villa Limay". En 1891 fue confirmado como municipio mediante decreto legislativo emitido el 4 de diciembre a través del cual, el gobierno del presidente Roberto Sacasa creó el departamento de Estelí, con sus respectivos municipios: La Trinidad, Estelí, Cóndega, Pueblo Nuevo y San Juan de Limay.

Antes de la creación del departamento de Estelí, San Juan de Limay pertenecía a la provincia de Somoto Grande, que a su vez era parte del departamento de Nueva Segovia.

La red vial del municipio de San Juan de Limay está conformada por 118 kilómetros de carreteras de macadam intermunicipales y 7 km de carretera pavimentada que se encuentran en la carretera San Juan de Limay - Estelí. De los 118 km de carretera de macadam 48 km se encuentran en buen estado, 25 km en estado regular y 45 km se encuentran en mal estado.

Existen 260 kilómetros de caminos rurales, de los que 10 km, son considerados de todo tiempo. También existen caminos de bestia y peatonal, los que totalizan 25 km, cabe mencionar que el tramo en análisis está clasificado como una vía colectora rural.

Todos los caminos de estación seca presentan deterioro, de los que el 80% están en mal estado y el otro 20% están en estado regular. **(Ver Anexos Cap. I, Fotos 107, Pág. I, III)**

En cuanto al desarrollo del país y en particular el municipio de San Juan de Limay surge la necesidad de adoquinar la carretera San Juan de Limay – Estelí, actualmente en la carretera existe un gran número de fallas, como baches y material suelto a causa de las lluvias ocasionando grandes charcas, dificultando así el flujo libre del transporte, la calidad y comodidad del mismo.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

El mejoramiento del tramo de carretera Empalme Tranquera – El Pedernal permitirá que la población asentada en todo el tramo tenga mejores perspectivas de desarrollo, mejorando el nivel de vida de la población, abriendo nuevos centros de empleo y mayores posibilidades de intercambiar y comercializar sus productos.

Este trabajo servirá de apoyo a la Alcaldía Municipal de Limay para gestionar fondos y poder llevar a cabo la construcción de esta vía, a través del adoquinado, lo que permitirá una utilización óptima del camino rural, de una forma sostenida, para la construcción, incidiendo en la economía local y en el sector turismo de la zona.

Con la ejecución de este proyecto se pretende, además, crear una oportunidad de trabajo a la población local, debido a que por la naturaleza del trabajo se requiere de mucha participación de mano de obra no especializada. Además de contribuir notablemente en el fortalecimiento de la actividad económica y social de la región y en consecuencia en el desarrollo del país.

La región donde está ubicado este proyecto se caracteriza por presentar altos índices de pobreza, por lo que indudablemente estas obras tendrán un gran impacto económico y social en esta área, que por sus características socioeconómicas es eminentemente agrícola.

La Justificación de este proyecto está vinculada estrechamente con los objetivos, políticas y estrategias que el gobierno está impulsando como es el de mejorar la infraestructura de apoyo al sector productivo, con el que se podrá beneficiar al sector agrícola y ganadero, por donde se traslada la producción de granos básicos, leche y carne etc. Con dicho proyecto se prevé, reducir los costos de operación vehicular y mejorar las condiciones de vida de la población. Las comunidades beneficiadas directamente serán: Santa Cruz, Mateare, loma Atravesada, Ocotillo, La Ceiba, El Pedernal.

El presente documento constituirá una herramienta primordial para la empresa ejecutante del proyecto y la alcaldía ya que le permitirá conocer los resultados obtenidos de la evaluación de Impacto ambiental (EIA), realizada al proyecto de adoquinado, y además podrá ser tomada en consideración como una alternativa de solución para mitigar los daños ocasionados en el ambiente por la construcción de esta obra y otras similares.

## **1.4. OBJETIVOS.**

### **1.4.1. Objetivo General.**

- Diseñar 2.5 km de pavimento articulado, por el método AASHTO 93, en el tramo de carretera Empalme Tranquera – El Pedernal, municipio de San Juan de Limay, departamento de Estelí.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar los ejes equivalentes de carga a la que estará sometida la estructura de pavimento a través del estudio de tránsito.
- Analizar el estudio Geotécnico sobre la línea de carretera y del banco de materiales, con el fin de garantizar el material adecuado a utilizar en el tramo de carretera en estudio.
- Diseñar la estructura de pavimento articulado empleando el método de la AASHTO -93.
- Identificar posibles impactos ambientales positivos y negativos que puedan ocasionarse con la implementación del proyecto en las etapas de construcción y mantenimiento del mismo.



# **CAPÍTULO II**

## **ESTUDIO DE TRÁNSITO**



2018

## **2.1. Introducción.**

En todo estudio de tránsito se deben de llegar a obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), como variable principal para diseño y proyecciones a futuro, a partir de censos o conteos de tránsito en el lugar de la futura construcción (si existe la ruta o va ser pavimentada o repavimentada) o si es totalmente nueva mediante censos de tránsito en lugares próximos. También es necesario conocer las tasas de crecimiento de tránsito, así como la distribución por dirección y si se trata de un camino de varios carriles, la distribución por carril.

## **2. 2 Metodología.**

En este capítulo se realiza la proyección del tráfico actual de la vía, obtenido mediante un aforo vehicular, el cual se proyecta para 15 años. Tomando en cuenta que el tráfico es uno de los aspectos más significativos a considerar para el diseño de pavimentos y es a su vez una de las variables que presenta mayor incertidumbre al momento de estimarse, por lo tanto, se debe de contar con la información más precisa posible del tráfico para realizar el diseño, y obtener resultados confiables.

Este estudio de tráfico se divide en tres etapas claramente definidas:

**Recopilación de Datos:** Se realizó por medio de Conteos Vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un período de tiempo equivalente a 12 horas. La recolección de datos se realizó durante 7 días, una semana, en las fechas del 5 al 11 de marzo del 2018 (lunes a domingo) a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales.

**Procesamiento de Datos:** Fue la etapa de trabajo de gabinete en la cual se aplicaron los diferentes métodos para obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte (MTI, 2017).

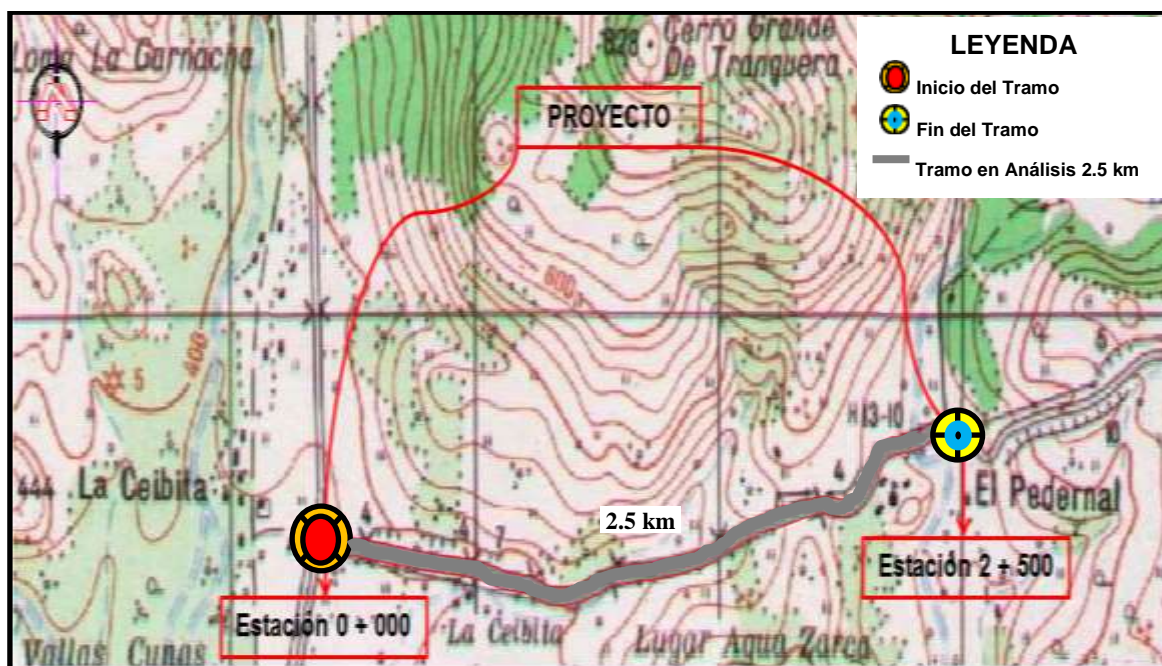
**Análisis de la información Obtenida:** En este proceso se usó los criterios para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

### 2. 2. 1. Recopilación de Datos.

La estación de Conteo Vehicular se ubicó en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, para lograr captar el tráfico en ambos sentidos de la vía. Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularon en ambas direcciones de la estación de conteo.

Se decidió escoger una sola estación de aforo vehicular, la cual se ubicó al principio del tramo en la estación **(0+000) Empalme La Tranquera**. A continuación, se muestra la ubicación siguiente imagen:

**Imagen 3: Ubicación del punto de conteo vehicular.**



**Fuente:** Catastro Alcaldía Municipal de Estelí.

La información recogida en el punto de conteo vehicular diferenciando la composición vehicular, se realizó conforme a un formato específico. **(Ver Anexos Cap. II, Tabla 77, Pág. IV)**



### 2. 2. 2. Periodo de aforo de tránsito.

El conteo volumétrico se realizó de forma manual, ubicando dos aforadores en la estación **0+000 Empalme La Tranquera**, para captar el 100% de vehículos, la campaña de levantamiento de datos tuvo un periodo de 7 días de 12 horas diurnas.

Los conteos de tráfico se realizaron por conteo manual de los vehículos en ambas direcciones, clasificados por tipo de vehículos (motocicletas, automóviles, jeep, camionetas, autobuses, camiones livianos y pesados). **(Ver Anexos Cap. II, Tablas 78-84, Pág. V-VIII)**

**Tabla- 1: Aforo Vehicular.**

<b>Tramo 2.5 kilómetros: Empalme La Tranquera – El Pedernal.</b>	
<b>Estación</b>	0+000
<b>Horas</b>	12 horas (6:00 am – 6:00 pm)
<b>Sentido</b>	Ambos Sentidos
<b>Duración</b>	7 días
<b>Aforo Inicial</b>	Lunes 05 de Marzo de 2018
<b>Aforo Final</b>	Domingo 11 de Marzo de 2018

**Fuente:** Sustentantes.

### 2. 2. 3. Clasificación de vehículos.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país **(Ver Anexos Cap. II, Tablas 87, Pág. X)**

### 2. 2. 4. Tipos de vehículos.

La hoja de clasificación vehicular usada por el MTI, está compuesta por 17 tipos de vehículos, los cuales se mencionan a continuación:

**Tabla- 2: Clasificación Vehicular.**

<b>TIPOS DE VEHICULOS</b>		
Motocicleta Automóviles Jeep Camioneta Microbús Minibús	Bus Liviano de carga Camión rígido sencillo, 2 ejes Camión rígido sencillo, 3 ejes Camión de carga Tx –Sx-<4 Camión de carga Tx –Sx->5	Camión combinado Cx –Rx-<4 Camión combinado Cx –Rx->5 Vehículo agrícola (tractor) Vehículo de construcción (niveladora) Otro (remolque halado por un vehículo liviano)

**Fuente:** Anuario de Trafico MTI-2017.

Para el levantamiento de la información de campo fue necesario tener en cuenta las características de los vehículos, ya que difieren unos de otros, actualmente en nuestro país hay gran variedad de vehículos para simplificar su estudio es necesario agruparlos en cuatro categorías:

**Motocicletas:** Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados con o sin transporte, esta categoría incluye scooter, motonetas, moto carros, cuadra ciclos y otros triciclos a motor. (MTI, 2017)

**Vehículos livianos:** Son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, automóviles, camionetas y microbuses de uso personal.

**Vehículos pesados de pasajeros:** Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 15 pasajeros y microbuses medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes).

**Vehículos pesados de cargas:** Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen los camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos T3S2 y T3S3 y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción. (MTI, 2017)

#### **2. 2. 5. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.**

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.

## **2. 2. 6. Clasificación de ejes.**

Los ejes se clasifican en sencillo, tandem y tridem.

### **2.2.6.1 Eje sencillo.**

Es un eje en cuyos extremos lleva una o dos ruedas sencillas.

### **2.2.6.2 Eje tandem.**

Es aquel constituido por dos ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

### **2.2.6.3 Ejes Tridem.**

Es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

## **2. 2. 7. Pesos permisibles por tipos de vehículos.**

El Ministerio de Transporte e Infraestructura, ha designado los pesos en dependencia del tipo de vehículo, los cuales se muestran en el Diagrama de Cargas Permisibles (**Ver Anexos Cap. II, Tablas 90-91, Pág. XIII**)

## **2. 2. 8. Procesamientos de Datos.**

Una vez concluidas las labores de campo se procede a revisar cada hoja de campo, para realizar los totales de cada casilla, controlar que cada hoja estuviese debidamente identificada. Una vez revisada se pasa al proceso de digitalización de las boletas. La digitalización se realiza en una hoja de Excel que se utiliza como base de datos primaria, esta hoja electrónica posteriormente será utilizada en el proceso del cálculo del TPDA.

## **2. 2. 9. Resultados de los aforos de Tránsito.**

En el tramo Empalme La Tranquera – El Pedernal (San Juan de Limay), de la información recogida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico por día. A Continuación, se muestran los Conteos de Tráfico de los 7 Días, así como el promedio volumen horario de máxima demanda por día en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

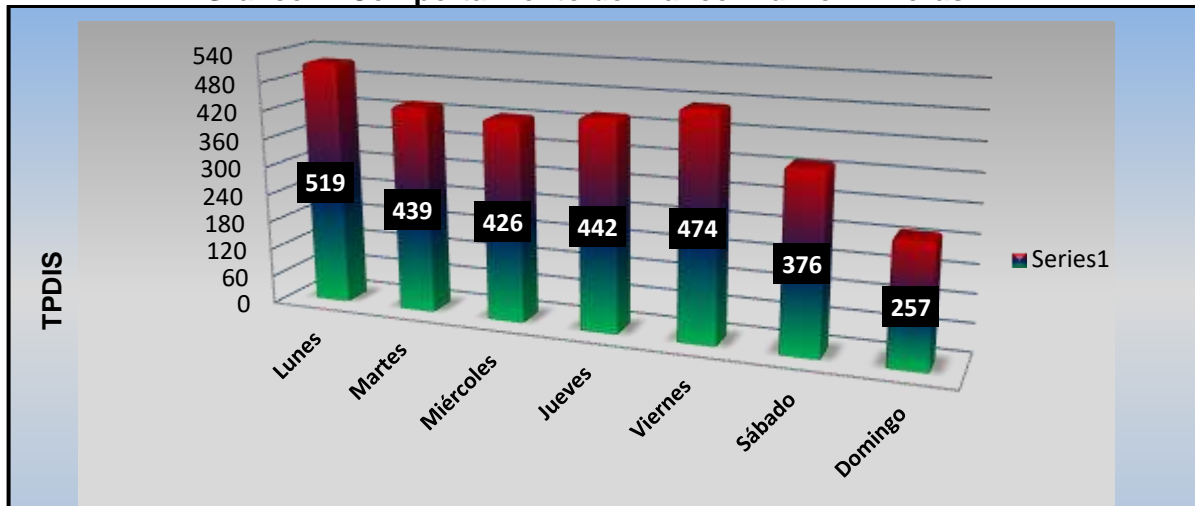
**Tabla- 3: Aforo Vehicular 7 Días.**

Tramo 2.5 kilómetros: Empalme La Tranquera- El Pedernal.							
HRS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
6-7	80	80	60	75	71	76	22
7-8	79	57	53	45	38	37	28
8-9	59	48	40	37	60	18	8
9-10	42	35	38	34	29	20	28
10-11	37	22	20	27	25	30	26
11-12	40	35	16	26	46	16	16
12-1	29	23	41	60	26	40	33
1-2	25	20	35	33	33	18	10
2-3	36	24	16	20	22	18	21
3-4	32	26	39	31	40	22	21
4-5	38	43	50	33	58	57	24
5-6	22	26	18	21	26	24	20
<b>Volumen 12 Hrs</b>	<b>519 Veh</b>	<b>439 Veh</b>	<b>426 Veh</b>	<b>442 Veh</b>	<b>474 Veh</b>	<b>381 Veh</b>	<b>252 Veh</b>
<b>Conteo Realizado a partir del 5 de marzo al 11 de marzo 2018.</b>							

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Una vez realizado el conteo vehicular de tráfico durante los 7 días consecutivos 12 horas desde el día (lunes 5 de marzo hasta el domingo 11 de marzo del 2018), se puede apreciar el comportamiento del tramo en análisis “Empalme La Tranquera- El Pedernal” este presenta un bajo volumen de tránsito, ya que su flujo diurno de 12 horas es menor a 600 vehículos por día. Como se aprecia en el **(Gráfico 1)**, el día que se registró un flujo vehicular más alto fue el día lunes, viernes, jueves y con menor demanda el día domingo y sábado.

**Gráfico 1: Comportamiento de Tráfico Diurno 12 Horas.**



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

## 2. 2. 10. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDiS).

Para la cuantificación del tránsito promedio diurno, se realizó un aforo vehicular, con un período de 12 horas continuas por día. Para obtener el Tránsito Promedio Diurno Semanal fue necesario aplicar la **ecuación – 1**:

$$TPDiS = \frac{Total\ Diurno}{N} \quad (Ec. 1)$$

**Tabla- 4: Tráfico Promedio Diurno Semanal de 12 Horas.**

Estación 0+000													
Tipo de Veh.	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			T3-S2	V.A	TOTAL
Día	Moto	Auto	Jeep	Cta	Mb< 15 P	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3			
<b>Lunes</b>	230	101	8	118	0	1	8	16	18	8	3	8	519
<b>Martes</b>	190	92	12	75	1	5	8	11	28	8	4	5	439
<b>Miércoles</b>	184	78	20	67	0	1	8	18	32	10	2	6	426
<b>Jueves</b>	179	98	12	81	2	4	8	13	32	6	2	5	442
<b>Viernes</b>	154	111	30	107	1	1	8	18	30	7	4	3	474
<b>Sábado</b>	163	32	16	95	2	5	9	19	29	6	2	3	381
<b>Domingo</b>	113	61	13	35	5	1	1	12	9	1	0	1	252
<b>Total Diurno</b>	1213	573	111	578	11	18	50	107	178	46	17	31	2933
<b>TPDiS (12 horas)</b>	173	82	16	83	2	3	7	15	25	7	2	4	<b>419</b>

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

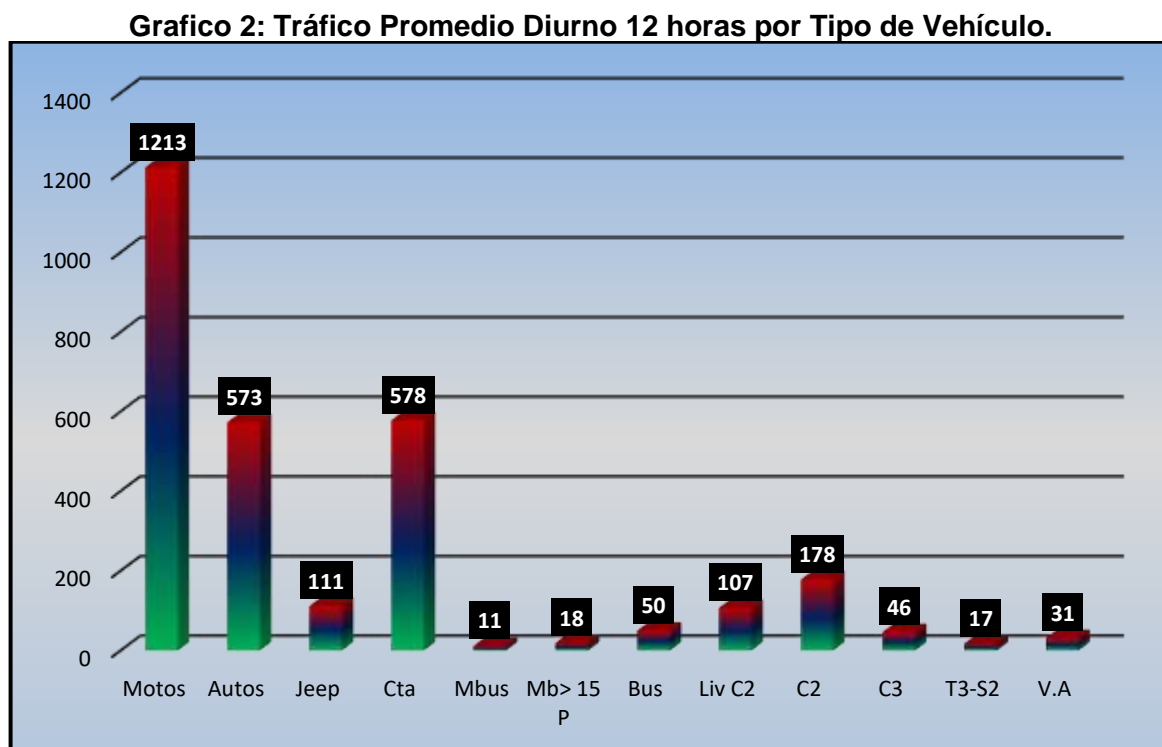
**Dónde:**

**TPDiS:** Tránsito Promedio Diurno Semanal (12 horas).

**N:** es el total de días del aforo (7 días).

En la **Tabla -4** podemos observar el consolidado del conteo vehicular efectuado durante (7 días), así mismo se puede apreciar el comportamiento del tránsito promedio diurno, obtenido de la división del total diurno entre el número de días el cual se realizó el aforo vehicular (7 días), obteniendo así un tráfico promedio diurno semanal (TPDiS) de **419** vehículos por día.

En el (**Gráfico-2**) se muestra en comportamiento del tránsito promedio diurno (12 horas), para el Empalme La Tranquera- El Pedernal, donde se puede notar la prevalencia de vehículos Livianos entre ellos las motos, en segundo orden las Camionetas y en tercer orden los autos y Jeep, posterior los vehículos pesados camiones, C2, C2 Liv C3, luego los vehículos de pasajeros tenemos a entre ellos bus, Mb >15p, micro bus,



**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

### 2. 3. Calculo del Tránsito Promedio Anual (TPDA).

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajustes diarios, obtenidos del anuario estadístico del MTI del año 2017, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura –DAV, Para expandir (TPDiS a TPDA), se identificó la Estación de Corta Duración N°142 (ECD Empalme San Nicolás- Estelí) al tramo de estudio y su dependencia la Estación (EMC -1205) Empalme Chichigalpa – Chinandega.

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12.0 horas (TPDiS), se realizó en base a factores de ajustes, estos factores se aplican para estaciones (ECD o ECS) que dependen de la estación de mayor cobertura (EMC-1205), en este caso se aplicaron para la estación de corta duración ECD Empalme San Nicolás- Estelí), con la cual trabajaremos ya que su dependencia corresponde a la estación de mayor cobertura Empalme Chichigalpa – Chinandega EMC-1205, se debe de conocer que los factores de ajuste de la estación de mayor cobertura son nulos, ya que sus conteos son de 24 horas durante una semana, cada tres cuatrimestres del año, por lo que los factores que presenta es para las estaciones que dependen de ella (**Ver Tabla 5 a continuación**).

**Tabla- 5: Dependencia de Estaciones (Estación Epm. Chichigalpa- Chinandega).**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1205 Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega</b>	NIC-1	116A	ECD	16.5	La Garita - Emp. Los Pollos
	NIC-1	116B	ECD	22.0	Emp. Los Pollos - Punta de Plancha
	NIC-1	100	ECD	31.0	Punta de Plancha - Emp. San Benito
	NIC-1	106	ECD	95.1	Las Calabazas - La Uva - Sébaco
	NIC-1	109	ECD	129.1	La Trinidad - Emp. San Nicolás
	NIC-1	142	ECD	140.0	Emp. San Nicolás - Estelí
	NIC-2	206	ECD	85.5	Nandaime - Rivas
	NIC-11B	1801	ECD	40.8	Emp. Catarina - Emp. El Guanacaste
	NIC-12A	1203	ECD	95.5	León - Telica

**Fuente:** Revista Anuario de Aforo 2017,MTI– DAV, pág.44.

**Tabla- 6:Factores del Año Enero- Abril EMC 1205 - Chichigalpa-Chinandega.**

*Factores del primer cuatrimestre del año Enero -Abril*

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 L.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>=5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día →	1.35	1.39	1.29	1.34	1.21	1.80	1.33	1.31	1.39	1.40	1.00	1.61	1.00	1.00	1.20	1.00	1.55
Factor Semana	0.98	0.99	0.95	0.94	0.98	1.13	1.00	0.90	0.85	0.84	1.29	0.87	1.00	1.00	1.06	1.29	1.03
Factor Fin de Semana	1.05	1.03	1.13	1.20	1.05	0.77	0.99	1.40	1.79	1.90	0.64	1.62	1.00	1.00	0.88	0.64	0.94
Factor Expansión a TPDA →	0.98	0.98	1.02	1.01	0.95	1.00	0.99	1.03	0.97	0.99	0.89	0.92	1.00	1.00	3.36	0.85	0.75

**Fuente:** Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017)Pag.342.

En la **Tabla:6** se muestran los factores de ajustes para las estaciones de corta duración (ECD) y conteo sumario (ECS), en este caso para la estación con la cual estamos trabajando la ECD-Nº142 Empalme San Nicolás- Estelí. Cabe mencionar que se utilizaran los factores de ajustes del primer cuatrimestre del año, ya que los conteos de aforo vehicular se realizaron en el mes de marzo-2018.

Para expandir nuestro TPDiS, solo fue necesario utilizar el factor día y factor expansión ya que el conteo de aforo se realizó durante 7 días consecutivos, el factor semana (FS) y el factor fin de semana (FS), no fue necesario utilizarlos.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 2**:

$$TPDA = TPDiS_{12H} * FD * FE \quad (\text{Ec. 2})$$

**Dónde:**

**TPDiS<sub>12</sub>:**Tráfico promedio Diurno 12 horas.

**FD:** Factor Día.

**FE:** Factor Expansión a TPDA.

Al afectar el TPDiS<sub>12 Horas</sub> con el factor de ajuste día (FD), estaríamos convirtiendo el Tráfico Promedio Diurno Semanal de 12 horas a un Tráfico Promedio Diario semanal de 24 horas, y al multiplicarlo por el factor expansión (FE), se convertiría en un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), a continuación, en la **Tabla:7** se muestra el cálculo correspondiente del TPDA.

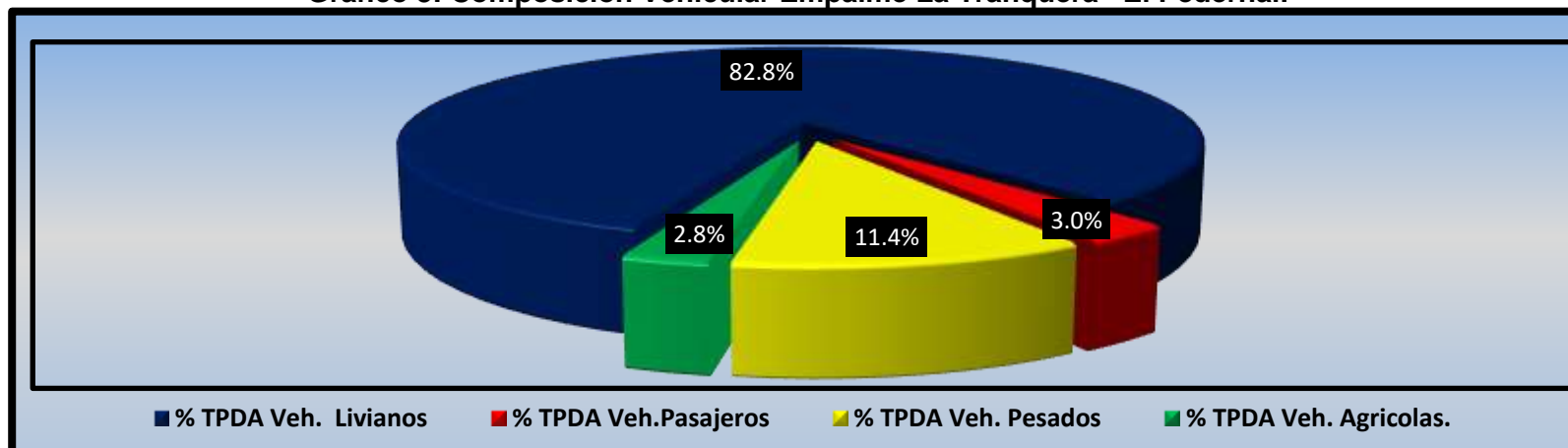


**Tabla- 7: Tráfico Promedio Diurno Anual (TPDA).**

Tipo Veh.		Vehículos Livianos			Vehículos Pasajeros			Vehículos Carga					
Factor	Moto	Auto	Jeep	Cta	Mb< 15 P	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3-S2	V.A	TOTAL
TPDiS	173	82	16	83	2	3	7	15	25	7	2	4	419
FD	1.26	1.3	1.26	1.3	1.22	1.22	1.2	1.32	1.46	1.5	1.00	1.00	
FE	1.09	1.04	0.94	1.01	1.06	1.00	1.00	1.07	1.03	1.30	1.00	1.56	
TPDA	229	112	21	112	2	5	9	20	34	10	2	16	572
% TPDA	40.0%	20%	3.7%	19.6%	0.4%	0.9%	1.6%	3.54%	5.9%	1.69%	0.31%	2.82%	100%
	82.8 % de Veh. Livianos				3.0 % de Veh. Pasajeros			11.4 % de Veh. Carga				2.8 % V.A	100%
Nota:													
FD: Factor Día. FE: Factor Expansión.													

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Grafico 3: Composición Vehicular Empalme La Tranquera –El Pedernal.**



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Una vez que se afectó el tráfico promedio diario semanal (TPDiS) por los factores de ajustes, del primer cuatrimestre del anuario de tráfico 2017, se obtuvo un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de **572 vehículos/ Día**.

Al analizar el **Gráfico 3** que representa la composición vehicular del tramo Empalme La Tranquera- El Pedernal, este indica que el **82.8%** del tráfico corresponde a vehículos livianos, el **11.4%** corresponde a vehículos de carga, el **3.0%** a vehículos de pasajeros y **2.8%** vehículos Agrícolas.

### 2. 3. 1 Determinación de Tasas.

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro para el tramo de “Empalme La Traquera-El Pedernal”, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA- ECD.142” y el producto interno bruto “PIB”, así como con la población, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos. Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del Producto interno Bruto (PIB) de los últimos 13 años. **(Ver Anexos, Tabla 86 pág. IX)**

**Tabla- 8: Registros Históricos del PIB, TPDA y Población.**

<b>AÑO</b>	<b>TPDA</b>	<b>PIB (Miles \$)</b>	<b>POB(miles)</b>
2005	3182	4872	5450
2006		6764	5638
2007		7423	5708
2008	3884	8497	5779
2009		8299	5850
2010	3633	8759	5923
2011		9774	5997
2012	4196	10533	6071
2013		10983	6134
2014		11880	6198
2015	4337	12611	6263
2016	4582	13184	6328
2017	5365	13184	6394
Promedio en Tasas	5.50%	9.07%	1.34%

**Fuente:** Informe del Banco Central de Nicaragua (año 2017).

### 2. 3. 2 Tasas de crecimiento.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio. Para el presente tramo en análisis se utilizaron los datos históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA” de la Estación N°142 de corta duración (ECD Empalme San Nicolás-Estelí), por tener características similares con el tramo en análisis. **(Ver Anexos, Tabla 88 pág. XI)**

**Tabla- 9: Evolución TPDA de la Estación N°142 (Empalme San Nicolás Estelí).**

AÑO	TPDA ECD-142	TC INTERANUAL
2005	3182	
2006	-	
2007	-	
2008	3884	22.06%
2009	-	
2010	3633	-6.46%
2011	-	
2012	4196	15.50%
2013	-	
2014	-	
2015	4337	3.36%
2016	4582	5.65%
2017	5365	17.09%
<b>Promedio</b>	<b>4,168</b>	<b>5.50 %</b>

**Fuente:** Revista Anuario de Aforo 2017, MTI- DAV).

En los registros de la estación N°142 ECD (Empalme San Nicolás), podemos observar crecimientos moderados en relación a los siguientes años, hasta llegar al 2017 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, con una tasa de crecimiento en un 17.09% con relación al año (2015-2016), también se muestra que algunos años no poseen registros de conteos, obteniendo un promedio de 4,168 vehículos.

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación 3:**

$$TC = \left[ \left( \frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

**Dónde:**

**TC:** Tasa de crecimiento.

**Año n:** Año actual.

**Año n- 1:** Año anterior.

### 2. 3. 3 Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB de los últimos 13 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2005 al año 2017. El PIB promedio de 9,751 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 9.07% **(Ver Tabla – 10 a continuación)**

**Tabla- 10: Datos Históricos del Producto Interno Bruto (PIB).**

<b>AÑO</b>	<b>PIB/Millones</b>	<b>T.C</b>
2005	4872	38.83%
2006	6764	9.75%
2007	7423	14.46%
2008	8497	-2.33%
2009	8299	5.54%
2010	8759	11.60%
2011	9774	7.76%
2012	10533	4.28%
2013	10983	8.17%
2014	11880	6.15%
2015	12611	4.55%
2016	13184	-1.86%
2017	13184	0.0%
<b>Promedio</b>	<b>9,751 Millones</b>	<b>9.07%</b>

**Fuente:** Banco Central –Indicadores Económicos 2017.

los datos de producto interno bruto (PIB) pueden ser verificados en Anexos **(Ver Tabla 86 Pág. IX).**

## 2. 3. 4 Análisis de Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del POB de los últimos 13 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2005 al año 2017, la POB promedio es de 5,814.0 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.34%. A continuación, ver **Tabla 11**:

**Tabla- 11: Datos Históricos de Población (POB).**

<b>AÑO</b>	<b>POB/Miles de Hab</b>	<b>T.C</b>
2005	5,450	1.30%
2006	5,638	3.44%
2007	5,708	1.24%
2008	5,779	1.24%
2009	5,850	1.24%
2010	5,923	1.24%
2011	5,997	1.24%
2012	6,071	1.24%
2013	6,134	1.04%
2014	6,198	1.04%
2015	6,263	1.04%
2016	6,328	1.04%
2017	6394	1.04%
<b>Promedio</b>	<b>5,814 Miles</b>	<b>1.34%</b>

*Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2017.*

los datos de población (POB) pueden ser verificados en Anexos (**Ver Tabla 86 Pág. IX**).

## 2. 3. 5 Proyección de Tráfico.

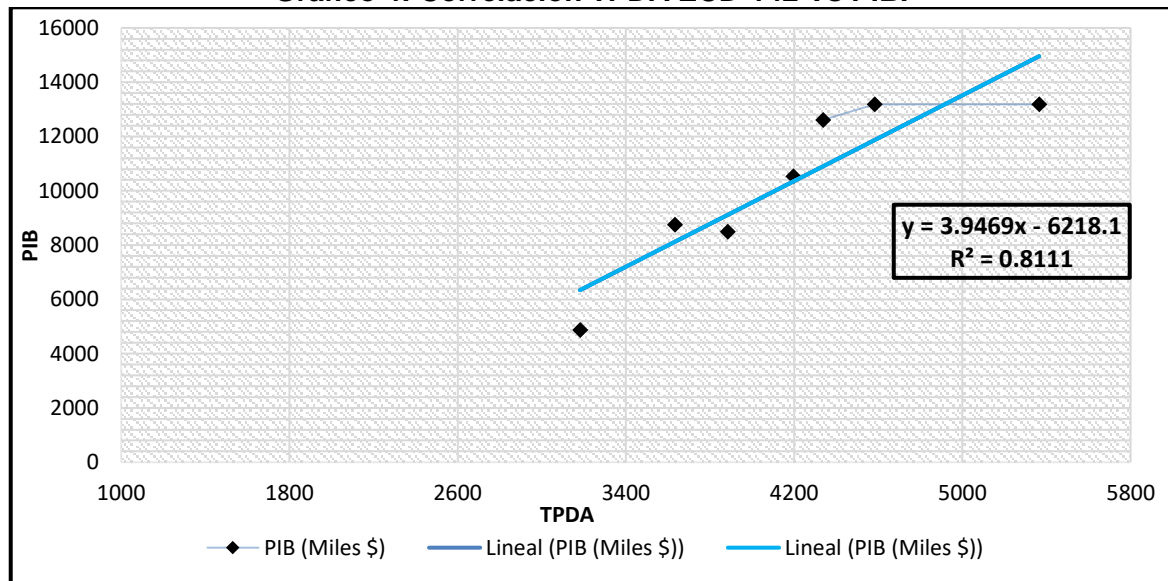
El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), de los últimos 13 años (período 2005–2017), y posterior se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA de la Estación Empalme San Nicolás- Estelí (ECD-142), con el Producto Interno Bruto, una vez que se realizó la correlación se procede a realizar una segunda aplicando logaritmo natural.

**Tabla- 12: Correlación TPDA ECD-142 Vs PIB.**

AÑO	TPDA vs PIB		LN TPDA vs LN PIB	
	TPDA	PIB (millón \$)	LN TPDA	LN PIB
2005	3182	4872	8.07	8.49
2006		6764		8.82
2007		7423		8.91
2008	3884	8497	8.26	9.05
2009		8299		9.02
2010	3633	8759	8.20	9.08
2011		9774		9.19
2012	4196	10533	8.34	9.26
2013		10983		9.30
2014		11880		9.38
2015	4337	12611	8.37	9.44
2016	4582	13184	8.43	9.49
2017	5365	13184	8.59	9.49

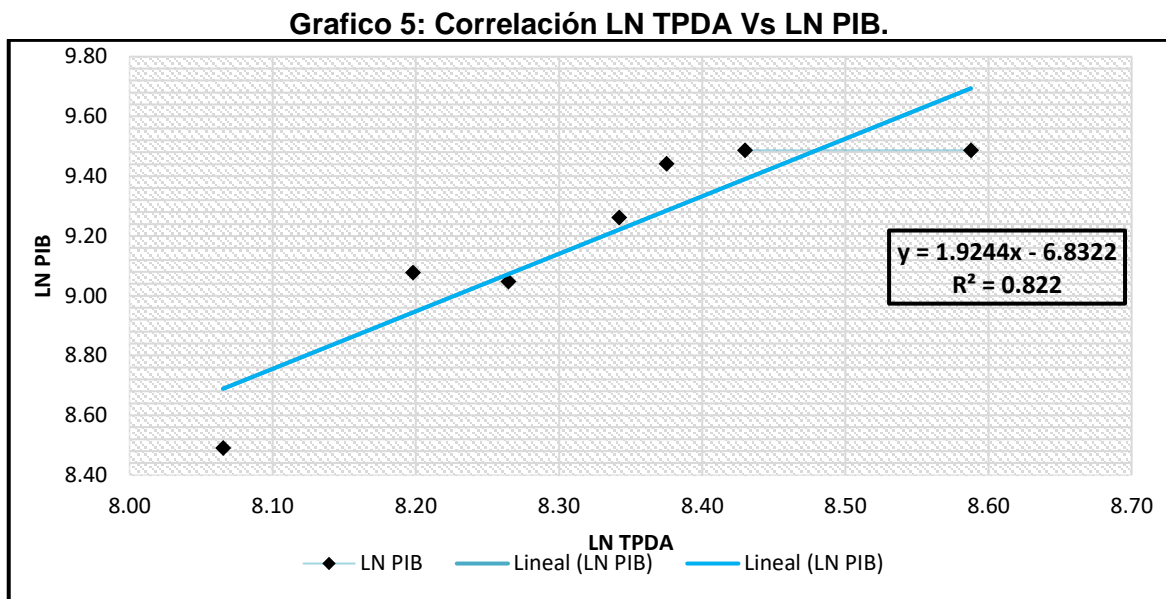
*Fuente: Elaborado por Sustentantes.*

**Grafico 4: Correlación TPDA ECD-142 Vs PIB.**



*Fuente: Elaborado por Sustentantes.*

La correlación de variables de TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación  **$R^2:0.8111$** , a continuación, se presenta la correlación de LNTPDA Vs LNPIB para ver si mejora el coeficiente de determinación  $R^2$ .



**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

La correlación de las variables TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a 0.8111 y la correlación de las variables LN TPDA Vs LN PIB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a 0.822. Se decidió utilizar el segundo  $R^2$  de (0.822) el cual fue mejorado con (LN), este posee un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transportes que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el  $R^2$  (coeficiente de determinación) más alto. De la correlación de las variables **TPDA Vs PIB** y **LN TPDA Vs LN PIB** se obtiene lo siguiente:

**Tabla- 13: Resultados de Correlación TPDA (ECD-142) y PIB (Miles \$).**

Gráfico	Coeficiente $R^2$	Elasticidad	Elasticidad Escogida
Gráfico -4: TPDA Vs PIB	0.8111	3.9469	$y = 1.9244x - 6.8322$ $R^2 = 0.822$ <b>ELASTICIDAD ESCOGIDA</b>
Gráfico -5: LN TPDA Vs LN PIB	0.822	1.9244	

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

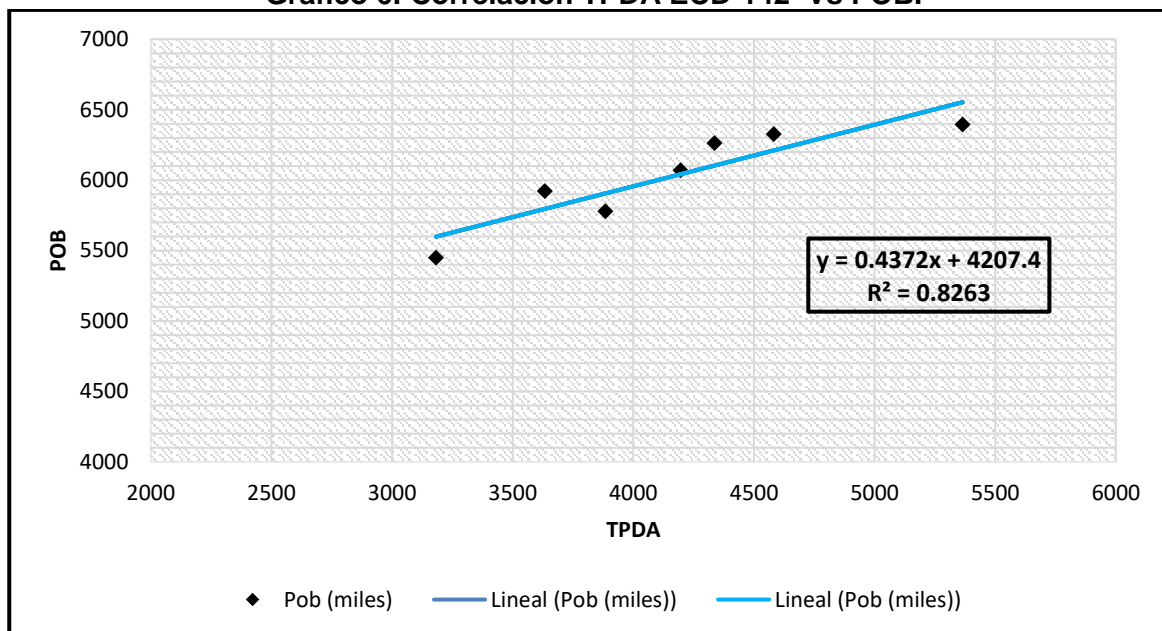
El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del TPDA – Población, en el período 2005 – 2017 y la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA vs POB de la Estación N° 142 ECD (Empalme San Nicolás-Estelí). Ver siguiente tabla:

**Tabla- 14: Correlación TPDA ECD-142 Vs POB.**

AÑO	TPDA vs POB		LN TPDA vs LN POB	
	TPDA	POB (miles )	LN TPDA	LN POB
2005	3182	5450	8.07	8.60
2006		5638		8.64
2007		5708		8.65
2008	3884	5779	8.26	8.66
2009		5850		8.67
2010	3633	5923	8.20	8.69
2011		5997		8.70
2012	4196	6071	8.34	8.71
2013		6134		8.72
2014		6198		8.73
2015	4337	6263	8.37	8.74
2016	4582	6328	7.75	8.55
2017	5365	6394	8.59	8.76

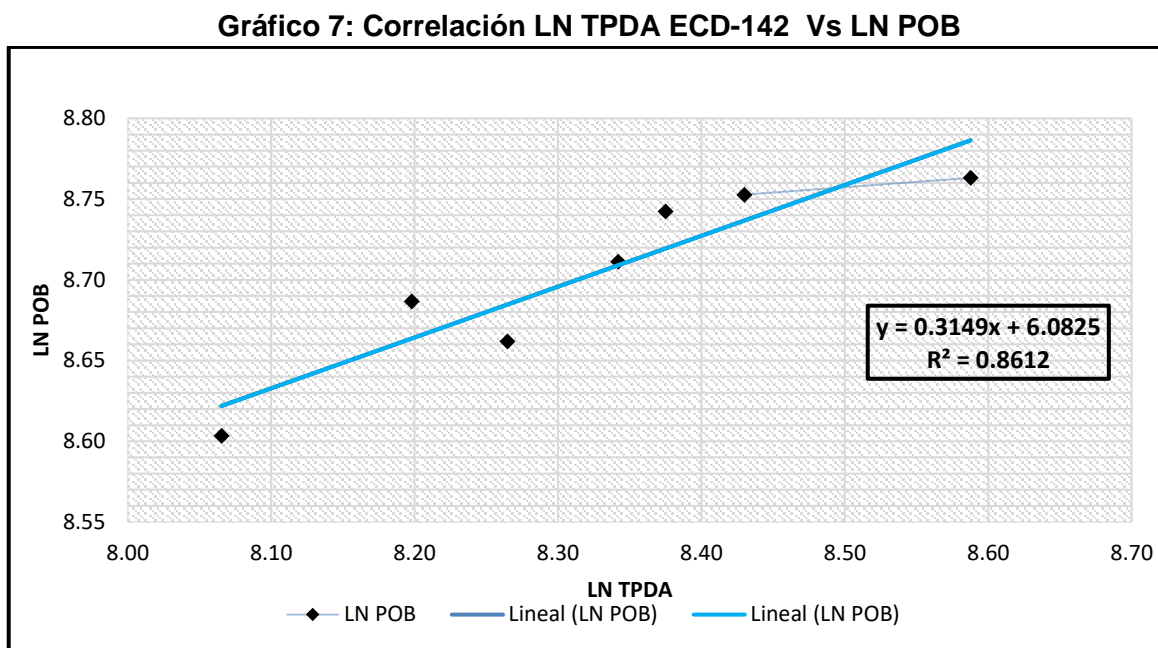
**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

**Grafico 6: Correlación TPDA ECD-142 Vs POB.**



**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.





**Fuente:** Elaborado por Sustentante.

La correlación de las variables TPDA Vs POB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.8263** y la correlación de las variables Logaritmo Natural TPDA Vs Logaritmo Natural POB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.8612**. En este caso utilizaremos el valor ( $R^2$ ) igual a **0.8612** el cual fue mejorado con (LN), ya que poseen un coeficiente ( $R^2$ ), mayor a **0.8263**.

La correlación de las variables **LN TPDA Vs LN POB** genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.8612**, se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el  $R^2$ , más alto de la correlación de las variables **TPDA Vs Población** y **LNTPDA LN POB** se obtiene lo siguiente:

**Tabla- 15: Resultados de Correlación TPDA (ECD-142) y POB (Miles/ Hab).**

Gráfico	Coeficiente $R^2$	Elasticidad	Elasticidad Escogida
<b>Gráfico -6:</b> TPDA Vs POB	<b>0.8263</b>	<b>0.4372</b>	$y = 0.3149x + 6.0825$ $R^2 = 0.8612$ <b>ELASTICIDAD ESCOGIDA</b>
<b>Gráfico -7:</b> LN TPDA Vs LN POB	<b>0.8612</b>	<b>0.3149</b>	

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

### 2. 3. 6 Calculo de Proyección de Tráfico.

Las tasas de crecimiento para producto interno bruto (PIB) y población (POB) serán afectados por las elasticidades que se escogieron de las correlaciones realizadas anteriormente, elasticidades que se tomaron en base a los ( $R^2$ ), de mayor confiabilidad. Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos. **(Ver Tabla:16)**

**Tabla- 16: Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).**

AÑO	TPDA	PIB (Miles \$)	POB (miles)
2005	3182	4872	5450
2006		6764	5638
2007		7423	5708
2008	3884	8497	5779
2009		8299	5850
2010	3633	8759	5923
2011		9774	5997
2012	4196	10533	6071
2013		10983	6134
2014		11880	6198
2015	4337	12611	6263
2016	4582	13184	6328
2017	5365	13184	6394

**Fuente:** Elaborado por Sustentante.

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la siguiente expresión matemática:

$$TC_{TPDA} = \left[ \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} - 1 \right] * 10 \quad (\text{Ec. 4})$$

**Dónde:**

**TPDA<sub>i</sub>:** Tráfico Promedio Diario Actual.

**TPDA<sub>0</sub>:** Tráfico Promedio Diario Actual del año base.

**N:** La diferencia de años.

Las tasas de crecimiento calculadas son:

$$\begin{aligned}
 TC_{TPDA} &= \left[ \left( \frac{5,365}{3,182} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{4.10\%} \\
 TC_{PIB} &= \left[ \left( \frac{13,184}{4,812} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{7.96\%} \\
 TC_{POB} &= \left[ \left( \frac{6,394}{5,450} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{1.24\%}
 \end{aligned}$$

## 2. 4 Análisis de la información obtenida.

**Producto Interno Bruto:** para conocer el valor de tasa de crecimiento promedio para el producto interno bruto se obtiene mediante la **ecuación 4**, luego se multiplico por su elasticidad resultando una tasa de **15.32%**.

➡  $TC_{PIB} = 7.96\% \times 1.9244 (\text{Elasticidad}) = \mathbf{15.32\%}$ .

**Para la población:** aplicando la **ecuación 4**, luego se multiplico por su elasticidad quedando con una tasa de **0.39%** para el crecimiento poblacional.

➡  $TC_{POB} = 1.24\% \times 0.3149 (\text{Elasticidad}) = \mathbf{0.39\%}$ .

### 2. 4. 1. Tasa de Crecimiento Seleccionada.

Se decidió utilizar la tasa de crecimiento vehicular de **4.10 %** para todo el tráfico, a consecuencia de que las tasas de crecimiento para **PIB** resulto muy alta de **15.32%** y para pasajeros de **0.39%** lo cual resulta muy baja, en cambio la tasa del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) resulta aceptable en relación al crecimiento económico que tuvo el país en el año 2017. **(Ver Anexos Tabla:86 y Grafico:21 Pág. XII)**

## 2. 5 Tráfico de Diseño (TD).

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc).

Se calcula mediante la siguiente **Ecuación 5**:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad (\text{Ec. 5})$$

### 2. 5. 1 Factor de Crecimiento.

(FC): Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación 6**:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (\text{Ec. 6})$$

**Dónde:**

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.


n: Periodo de Diseño.

$$FC = \frac{(1 + 0.0410)^{15} - 1}{0.0410} = \mathbf{20.18}$$

### 2. 5. 2 Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a la ubicación geográfica del tramo y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos **15 años** para el período de diseño, ya que el tramo tiene una clasificación funcional de Colectora rural.

**Tabla- 17: Período de Diseño.**

Tipo de carretera	Período de Diseño (años)
<b>Autopista Regional</b>	30 – 50
<b>Troncales Sub-Urbanas</b>	20 – 50
<b>Troncales Rurales</b>	20 – 50
<b>Colectoras Sub-Urbanas</b>	15 – 25
<b>Colectoras Rurales</b>	 <b>15 – 25</b>

**Fuente:** Guía para el Diseño de Pavimento AASHTO-93.

### 2. 5. 3 Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos, aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra. **(Ver Tabla 18)**

**Tabla- 18: Factor de Distribución por Dirección.**

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

*Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA, 2011.*

Identificamos el factor de distribución por dirección a usarse para nuestro diseño que es de; **0.50**.

### 2. 5. 4 Factor Distribución Por Carril (FC).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En la **Tabla-19** que se presenta a continuación podemos observar el factor carril.

**Tabla- 19: Factor Distribución por Carril.**

Número de carriles en una sola dirección	LC <sup>11</sup>
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

*Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA, 2011.*

El factor de distribución por carril a usarse es **1.00**.

### 2. 5. 5 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos articulado fue de **4.2** según el manual SIECA Capitulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado de 2.5 kilómetros Empalme La Tranquera- El Pedernal se trabajó con un valor de **Po=4.2**.

### 2. 5. 6 El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía:

Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de  $pt = 1.8 - 2.0$  según el manual SIECA Capitulo 3 Pág. 4. En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0**.

### 2. 5. 7 Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el  $\Delta PSI$  mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación-7**:

$$\Delta PSI = Po - Pt \quad \text{(Ec. 7)}$$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del de estudio se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 \quad \Delta PSI = 2.2$$

### 2. 5. 8 Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

### 2. 5. 9 Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final (**Pt=2.0**), el número estructural asumido (**SN=5**) y los pesos (se encuentran en Kips), los factores de equivalencia se obtienen (**Ver Anexos, Tablas 92, 93, pág. XIV, XV**).

Si los factores de equivalencia de cargasen los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

### 2. 6 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Este se obtiene conociendo El Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} \cdot \text{FESAL} \quad (\text{Ec. 8})$$

El Tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura de pavimento por lo que deberá de estimarse con la mayor precisión posible.

En base a los datos anteriormente definidos con apoyo del software Excel se procedió a la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada tipo de vehículos, aplicando **ecuación N° 5, pág. 30**, tal como se muestra en la **Tabla 20**.

**Tabla- 20: Tránsito de Diseño en un Periodo de 15 Años.**

Tipo de vehículos	TPDA 2018	F.C.	Días año	Factor por carril(Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Tránsito para el carril de diseño
<b>Autos</b>	112	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	411,376.00
<b>Jeep</b>	21	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	77,535.00
<b>Camionetas</b>	112	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	413,703.00
<b>McBus&lt;15 pas</b>	2	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	8,467.00
<b>MnBus 15-30 pas</b>	5	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	19,888.00
<b>Bus</b>	9	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	33,945.00
<b>C2 liv</b>	20	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	74,540.00
<b>C2 5 +ton</b>	34	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	124,140.00
<b>C3</b>	10	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	35,732.00
<b>T3-S2</b>	2	<b>20.18</b>	366	0.50	1.00	6,574.00
<b>V.A.</b>	16	<b>20.18</b>	365	0.50	1.00	59,398.00
TD /TOTAL						<b>1,265,298.00 Vehículos</b>

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

Una vez conocido el tránsito de Diseño, se procede a realizar el cálculo **ESAL'S** del Carril de Diseño, como en algunos casos el peso por eje Kips no está dado en la tabla factores Equivalentes de Cargas Ejes Simples, y Ejes tándem. Se deberá interpolar el valor exacto utilizando la siguiente formula:





$$y_x = y_0 + \frac{x-x_0}{x^1-x_0} (y^1 - y^0) \quad (\text{Ec. 9})$$

**Tabla- 21: Factores de ejes Kips a Interpolar.**

FACTORES DE EJES KIPS	
Ejes Sencillos	Ejes Dobles
2.2, 4.4, 8.8,9.9, 11, 14.3,17.6	35.20, 36.30

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.





**Tabla- 22: Calculo del Factor Equivalente de Carga Según su Tipología.**

CLASIFICACION VEHICULAR		
Tipo de vehículo	Especificación	FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA
<b>Autos</b>	 2.2 Kips Simple      2.2 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 2.2 KIPS será de <b>0.00038</b> (Calculado por interpolación)
<b>Camioneta</b>	 2.2 Kips Simple      4.4 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 4.4 KIPS será de <b>0.0034</b> (Calculado por interpolación)
<b>McBus&lt;15 pas</b>	 4.40 Kips Simple      8.80 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 8.8 KIPS será de <b>0.0502</b> (Calculado por interpolación)
<b>MnBus &gt;15 pas</b>	 8.80 Kips Simple      17.60 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 17.60 KIPS será de <b>0.9206</b> (Calculado por interpolación)

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.



**Tabla- 23: Calculo del Factor Equivalente de Carga Según su Tipología.**

Bus	 11 Kips Simple      22 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 11 Kips será de <b>0.1265</b> , el valor de 22 Kips ya está dado (2.32) (Calculado por interpolación)
C3	 11 Kips Simple      36.30 Kips Doble	El factor equivalente de carga para 36.30 KIPS será de <b>1.43</b> (Calculado por interpolación)
T3-S2	 11 Kips Simple    11Kips Doble      35.20 Kips Doble	El factor equivalente de carga para 35.20 KIPS será de <b>1.26</b> (Calculado por interpolación)
V.A	 9.90 Kips Simple      14.30 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 9.90 KIPS será de <b>0.0766</b> (Calculado por interpolación)

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

Conocido los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), se procede a aplicar la **Ecuación 8** para el cálculo de ESAL'S.

**Tabla 24: Cálculo ESAL'S del Carril de Diseño.**

Calculo ESAL ´S del Carril de Diseño							
Asumimos un número estructural (SN=5), Po=4.2 Pt=2.0 ΔPSI=2.2							
Tipo de vehiculos	Peso X eje(Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	TPDA 2018	TD	Factor ESAL	ESAL de Diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	112	412,480.00	0.00038	157
	1.00	2.20	Simple			0.00038	157
Jeep	1.00	2.20	Simple	21	77,340.00	0.00038	29
	1.00	2.20	Simple			0.00038	29
Camionetas	1.00	2.20	Simple	112	412,480.00	0.00038	157
	2.00	4.40	Simple			0.0034	1402
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	2	7,366.00	0.0034	25
	4.00	8.80	Simple			0.0502	370
MnBus 15-30 pas	4.00	8.80	Simple	5	18,415.00	0.0502	924
	8.00	17.60	Simple			0.9206	16953
Bus	5.00	11.00	Simple	9	33,146.00	0.1265	4193
	10.00	22.00	Simple			2.35	77893
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	20	73,657.00	0.0502	3698
	8.00	17.60	Simple			0.9206	67809
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	34	125,217.00	0.1265	15840
	10.00	22.00	Simple			2.35	294260
C3	5.00	11.00	Simple	10	36,829.00	0.1265	4659
	16.50	36.30	Doble			1.43	52665
T3-S2	5.00	11.00	Simple	2	7,386.00	0.1265	934.329
	16.00	35.20	Doble			1.260	9306.36
	16.00	35.20	Doble			1.260	9306.36
V.A.	4.50	9.90	simple	16	58,926.00	0.0766	4514
	6.50	14.30	simple			0.378	22262
Total ESAL ´S de diseño(W18)							587,543.00

**Fuente:** Elaborado por Sustentante.

El ESAL estimado resulto de: **587,543.00** éste corresponde al número de repeticiones equivalentes a 18 Kips llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. o (18,000 lbs) en un periodo de diseño de 15 años.



# **CAPÍTULO III**

## **ESTUDIO GEOTÉCNICO**



2018

### **3.1. Generalidades.**

El objetivo principal de este estudio es determinar las características físicas y mecánicas de los materiales que componen la subrasante y rodadura existente, para emitir recomendaciones relativas a la subrasante y estructura de pavimento, tanto de los materiales requeridos, apoyados con el estudio de los bancos de materiales, en base a los materiales óptimos, sujetos a las especificaciones adoptadas para el Proyecto. Estos estudios fueron realizados por la empresa CONDISA (Consultoría y diseños S.A), quien realizó los trabajos correspondientes para los fines propuestos en octubre del 2017.

### **3.2. Metodología.**

La metodología implementada para la ejecución del estudio de suelos comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo de **2.50 kilómetros** definido por la carretera del proyecto; mediante la ejecución de prospecciones de exploración se observaron las características del terreno de fundación, para luego obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo para la ejecución de este estudio, así como los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio practicados sobre las muestras de suelo.

Se realizó un análisis del suelo, con el objetivo de conocer sus características físicas, mecánicas condiciones de soporte, y de esta manera se establecerán los parámetros básicos necesarios para el diseño de la estructura. Seguidamente estas muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar sus propiedades.

### 3.2.1. Estudios de laboratorio.

De los 11 sondeos manuales ejecutados en este tramo se obtuvieron 25 muestras típicas de suelo, las cuales fueron trasladadas al laboratorio. Una vez trasladadas al laboratorio las muestras tomadas en el campo. Finalmente, con las muestras clasificadas se realizaron los ensayos de CBR y Próctor necesarios para el estudio y para conocer sus propiedades, las cuales nos indicarán su potencial uso para la construcción de los caminos. Para clasificar y determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tipos de suelos presentes en el sitio en estudio se ejecutaron diferentes ensayos de laboratorio de suelos sobre las muestras recuperadas en cada estrato del subsuelo.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con los métodos siguientes:

**Tabla 25: Ensayos de Laboratorio.**

<b>PRUEBA</b>	<b>ENSAYO O NORMA ASTM O AASHTO</b>
<b>Análisis Granulométrico</b>	<b>ASTM D-422 ó AASHTO T-88</b>
<b>Límite Líquido</b>	<b>D-423 ó AASHTO T-89</b>
<b>Límite Plástico e Índice de Plasticidad</b>	<b>ASTM D-424 ó AASHTO T-90</b>
<b>Clasificación HRB</b>	<b>ASTM D-3282 ó AASHTO M-145</b>
<b>Proctor Estándar ASTM</b>	<b>ASTM D-698 ó AASHTO T-99</b>
<b>Proctor Modificado</b>	<b>AASHTO T-18</b>
<b>CBR</b>	<b>ASTM D-1883 ó AASHTO T-19</b>

**Fuente.** Libro de diseño de pavimento AASHTO -93.

Las muestras para el ensaye CBR se saturaron por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el ensaye. Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema A.A.S.H.T.O., en su designación M 145-87 y por el sistema S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), según la A.S.T.M., en su designación D 2487.

### 3.2.2.1. Clasificación de suelos.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos de estudio para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son la: AASHTO y SUCS. A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos. **(Ver Anexos Tabla:94 y 95 Pág. XVI- XVII)**

**Tabla 26: Correlación de tipos de suelo AASHTO-SUCS.**

<b>Clasificación de suelos AASHTO M-145</b>	<b>Clasificación de suelos SUCS ASTM D-2487</b>
A-1-a	GW,GP,GM,SW,SP,SM
A-1-b	GM,GP,SM,SP
A-2	GM,GC,SM,SC
A-3	SP
A-4	CL,ML
A-5	ML,MH,CH
A-6	CL,CH
A-7	OH,MH,CH

**Fuente:** US Army corps Engineers.

### 3.2.2. Características Geotécnicas.

El material de revestimiento se observa que tiene un regular buen comportamiento, puede ser reciclado en la estructura del pavimento del Proyecto con la incorporación de material de granulometría gruesa. El estudio contempla conocer los espesores de esta capa, así como sus propiedades mecánicas. Estos resultados obtenidos se presentan en este Informe. Así mismo se observan a lo largo y fuera del Proyecto, Bancos de Materiales, los cuales son muy importantes en la etapa de construcción e igualmente son parte de este estudio.

### 4.2.3. Problemas Geotécnico.

Durante la ejecución del estudio, no se observaron problemas geotécnicos considerables.

### 3.2.4. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.

En las matrices de los pozos a cielo abierto (PCA), se presenta en forma detallada la estratigrafía obtenida a partir de los sondeos y ensayos de laboratorio efectuados. **Ver Tabla: 27 y 28 Pág. 42-43**

¿

A partir de los niveles superficiales existentes del terreno en el rodamiento de las calles al momento de la ejecución de los sondeos, los suelos encontrados a todo lo largo del Proyecto, en las capas actuales de Base actualmente en funcionamiento, corresponden mayoritariamente a arenas: arenas gravosas, arenas con limo, arenas limosas y pocos estratos superficiales de arenas arcillosas de acuerdo con el método de clasificación HRB corresponden a suelos tipo **A-2-4** y **A-1-a**, con Índices de Grupo de 0 esta capa superficial tiene un espesor entre 16 y 30 centímetros.

Hacia abajo también encontramos diferentes estratos de arenas y gravas tipo **A-2-4** los que poseen características de consistencias que van desde No plásticos. En general estos suelos poseen partículas que pasan entre 74 y 93% el tamiz No 4 y entre 6 y 28% el tamiz No 200, con índices de grupo de 0.

El suelo tipo **A-1-b** encontrado en los SM-10, está formado por gravas No Plásticas de baja compresibilidad, con partículas que pasan un 64% el tamiz Nº 4 y 12% el tamiz Nº 200, con índices de grupo 0.

Así mismo encontramos el suelo tipo **A-7-6** encontrado en los SM-1 y los SM-8, que está formado por arcillas arenosas de compresibilidad media, arenas arcillosas de compresibilidad media, limos areno arcillosos de compresibilidad media a alta, arcillas gravosas de compresibilidad media a alta, arcillas de alta compresibilidad, con Límite Líquido de 42 y su Índice de Plasticidad de 21. Con partículas que pasan un 53% el tamiz Nº 4 y 36% el tamiz Nº 200; con índices de grupo de 3.

Los suelos tipo **A-2-7** están formados por gravas arcillosas de compresibilidad media a alta, gravas limo arcillosas, gravas arenosas, gravas areno arcillosas, arenas limosas de alta compresibilidad, arenas limo arcillosas de alta compresibilidad, arenas arcillosas de alta compresibilidad, arenas gravo arcillosas estos poseen límites líquidos entre 40 y 43 e índice de plasticidad entre 15 y 18, sus partículas pasan entre 58 y 61% el tamiz N° 4 y entre 28% y 30% el tamiz N° 200, con índices de grupo de 0.

### **3.2.5. Análisis de los Resultados.**


En base a lo descrito anteriormente, podemos concluir que predominan los suelos **A- 2- 4(SW-SM)** y **A- 1- a (GW-GM)**, como material de rodamiento existente actualmente. Debajo de este estrato predominan los suelos **A- 2- 4(SW-SM)** y **A- 2- 7 (GC-GM)**, los cuales forman parte del terreno natural existente, los cuales se consideran aptos para formar parte de la sub-rasante que soportara la estructura de pavimento articulado.

Así mismo, se encontró en menor cantidad el suelo **A- 7- 6(GC)**, este material no es apto por si solo para utilizarse como material de sub-rasante en obras de terracería debido a su inestabilidad ante cambios del contenido de humedad natural que producen cambios volumétricos de gran magnitud. Debido a que se encuentra a más de **0.80 metros** de profundidad debajo de un estrato de gravas arcillosas **A-2-7** de compresibilidad media a alta y de por gravas No Plásticas **A-1-a**, no se considera de mayor peligro para los estratos superiores.

A continuación, se presenta el consolidado de los resultados de Laboratorio para el tramo Empalme Tranquera- Comunidad El pedernal




**Tabla 27: Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-1 - SM-5).**

 <b>CONDISA</b> Consultoría y Diseños S.A.														INFORME GEOTECNICO TRAMO:EMPALME TRANQUERA - EL PEDERNAL, 2.5 KM.													
SONDEO  Nº	PROFUNDIDAD  EN METRO	MUESTRA  Nº	% QUE PASA POR TAMIZ											LL  %	IP  %	% Partículas			CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO						
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	G			S	F	S.U.C.S	H. R. B.								
Estacion 0 + 000, L/C																											
S - 1	0.02 - 0.24	1		100	99	98	94	87	69	52	27	13	NP	NP	31	56	13	SM	A-2-4(0)	Arena Gravosa de Baja Compresibilidad, Color Gris Claro.							
S - 1	0.24 - 0.88	2			100	98	88	78	58	55	42	28	40	18	42	30	28	GC	A-2-7(0)	Grava Areno Arcillosa de Compresibilidad Media, Color Café Oscuro.							
S - 1	0.88 - 1.50	3				100	86	75	53	51	45	36	42	21	47	17	36	GC	A-7-6(3)	Grava Arcillosa de Compresibilidada Media Con Particulas de Arena, Color Café							
Estacion 0 + 250, L/D																											
S - 2	0.02 - 0.16	4		100	99	98	94	87	69	52	27	13	NP	NP	31	56	13	SM	A-2-4(0)	Arena Gravosa de Baja Compresibilidad, Color Gris Claro.							
S - 2	0.16 - 1.10	5		100	93	86	78	71	61	58	47	30	48	15	39	31	30	GM	A-2-7(0)	Grava Areno Arcillosa de Compresibilidad Media, Color Café Claro.							
Estacion 0 + 500, L/C																											
S - 3	0.10 - 0.25	6			100	94	87	82	61	46	24	11	NP	NP	39	50	11	SW-SM	A-2-4(0)	Arena Gravosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.							
S - 3	0.25 - 1.30	7			100	96	87	80	60	57	44	30	43	17	40	30	30	GC	A-2-7(0)	Grava Areno Arcillosa de Compresibilidad Media, Color Café Oscuro.							
Estacion 0 + 750, L/D																											
S - 4	0.00 - 0.22	8		100	94	84	74	69	54	48	25	13	NP	NP	46	41	13	GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa de Baja Compresibilidad, Color Gris.							
S - 4	0.22 - 1.50	9		100	99	98	96	93	83	75	52	28	NP	NP	17	55	28	SM	A-2-4(0)	Arena de Baja Compresibilidad Con Limo y Particulas de Grava, Color Café							
Estacion 1 + 000, L/I																											
S - 5	0.00 - 0.20	10		100	82	72	63	57	43	32	14	6	NP	NP	57	37	6	GW-GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.							
S - 5	0.20 - 1.50	11	100	99	-	97	94	91	83	76	50	26	NP	NP	17	57	26	SM	A-2-4(0)	Arena de Baja Compresibilidad Con Limo y Particulas de Grava, Color Gris.							

**Fuente:** CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

**Tabla 28: Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-5 - SM-11).**

 <b>CONDISA</b> <i>Consultoría y Diseños S.A.</i>														<b>INFORME GEOTECNICO TRAMO:EMPALME TRANQUERA - EL PEDERNAL 2.5 KM.</b>									
SONDEO	PROFUNDIDAD	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	% Partículas			CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO			
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			G	S	F	S.U.C.S	H. R. B.				
Nº	EN METRO	Nº											%	%									
<b>Estacion 1 + 250, L/C</b>																							
S - 6	0.03 - 0.20	12		100	82	72	63	57	43	32	14	6	NP	NP	57	37	6	GW-GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.			
S - 6	0.20 - 1.50	13		100	99	98	96	94	88	82	52	24	NP	NP	12	64	24	SM	A-2-4(0)	Arena de Baja Compresibilidad Con Limo, Color Café Claro.			
<b>Estacion 1 + 500, L/D</b>																							
S - 7	0.00 - 0.13	14		100	90	75	59	52	36	27	13	6	NP	NP	64	30	6	GW-GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.			
S - 7	0.13 - 1.50	15	100	99	-	97	94	91	83	76	50	26	NP	NP	17	57	26	SM	A-2-4(0)	Arena de Baja Compresibilidad Con Limo y Particulas de Grava, Color Gris.			
<b>Estacion 1 + 750, L/C</b>																							
S - 8	0.10 - 0.18	16		100	99	98	97	96	76	70	48	23	NP	NP	24	53	23	SM	A-2-4(0)	Arena de Baja Compresibilidad Con Grava y Limo, Color Café Claro Con Puntos Gris.			
S - 8	0.18 - 0.50	17		100	97	95	90	85	27	20	11	1	NP	NP	73	26	1	GP-GM	A-1-a(0)	Grava Mal Graduada de Baja Compresibilidad Con Arena, Color Café Claro.			
S - 8	0.50 - 1.50	18	100	93	91	88	86	82	79	75	62	39	42	15	21	40	39	GC	A-7-6(2)	Grava Arcillosa de Compresibilidada Media Con Particulas de Arena, Color Café			
<b>Estacion 2 + 000, L/C</b>																							
S - 9	0.00 - 0.20	19		100	90	75	59	52	36	27	13	6	NP	NP	64	30	6	GW-GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.			
S - 9	0.20 - 1.50	20		100	98	96	94	93	84	79	32	6	NP	NP	16	78	6	SW-SM	A-2-4(0)	Arena Bien Graduada de Baja Compresibilidad Con Particulas de Grava, Color Café.			
<b>Estacion 2 + 250, L/I</b>																							
S - 10	0.00 - 0.28	21		100	90	75	59	52	36	27	13	6	NP	NP	64	30	6	GW-GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.			
S - 10	0.28 - 0.75	22			100	99	97	95	87	72	50	30	NP	NP	13	57	30	SM	A-2-4(0)	Arena Limosa de Baja Compresibilidad, Color Café Claro.			
S - 10	0.75 - 1.50	23		100	98	94	83	76	64	50	28	12	26	7	36	52	12	SW-SC	A-1-b(0)	Arena Gravosa de Compresibilidad Media, Color Café Oscuro.			
<b>Estacion 2 + 500 L/D</b>																							
S - 11	0.00 - 0.30	24		100	90	75	59	52	36	27	13	6	NP	NP	64	30	6	GW-GM	A-1-a(0)	Grava Arenosa Bien Graduada de Baja Compresibilidad, Color Gris.			
S - 11	0.30 - 1.50	25			100	99	-	98	93	84	54	20	NP	NP	7	73	20	SM	A-2-4(0)	Arena de Baja Compresibilidad Con Limo, Color Café Claro.			

**Fuente:** CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

**Tabla 29: Resultado de CBR (SM-1 - SM-11).**



CONDISA

Consultoría y Diseños S.A.

INFORME GEOTECNICO TRAMO:EMPALME TRANQUERA - EL PEDERNAL 2.5 KM.

MATRIZ DE RESULTADOS DE SONDEOS MANUALES

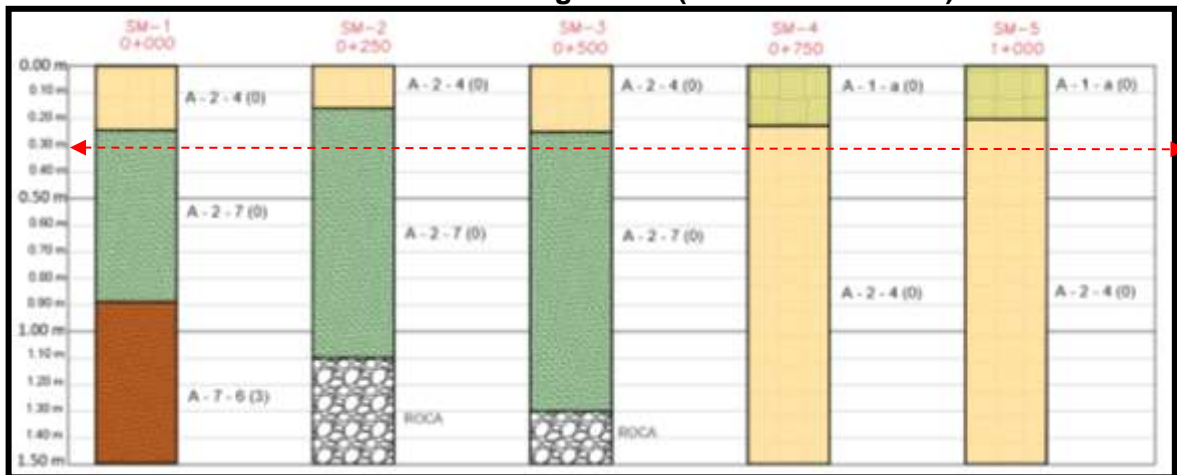
SONDEO N°	PROFUNDIDAD EN METRO	MUESTRA N°	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	Humedad Opt. %	PVS max. Kg/m3	C. B. R.			CLASIFICACION	
						90%	95%	100%	S.U.C.S	H. R. B.
Estacion 0 + 000, L/C										
S - 1	0.00 - 0.24	1	20.3	13.3	1980.0	29	39	44	SM	A-2-4(0)
S - 1	0.24 - 0.88	2	6.1	21.0	1709.0	10	16	23	GC	A-2-7(0)
S - 1	0.88 - 1.50	3	7.0	25.2	1793.0	4	5	8	GC	A-7-6(3)
Estacion 0 + 250, L/D										
S - 2	0.00 - 0.16	4	5.4	10.4	1759.0	5	12	20	SM	A-2-4(0)
S - 2	0.16 - 1.10	5	5.8	2.8	2000.0	26	14	38	GC	A-2-7(0)
Estacion 0 + 500, L/C										
S - 3	0.00 - 0.25	6	0.0	9.8	1800.0	14	27	45	SM	A-2-4(0)
S - 3	0.25 - 1.30	7	7.8	13.2	1904.0	9	16	27	GC	A-2-7(0)
Estacion 0 + 750, L/D										
S - 4	0.00 - 0.22	8	0	8.2	2020	15	33	50	GM	A-1-a(0)
S - 4	0.22 - 1.50	9	20.71	13.2	1890	13	18	44	SM	A-2-4(0)
Estacion 1 + 000, L/I										
S - 5	0.00 - 0.20	10	0.0	9.4	1900.0	30	38	53	GW-GM	A-1-a(0)
S - 5	0.20 - 1.50	11	26.0	10.8	1765.0	27	26	45	SM	A-2-4(0)
Estacion 1 + 250, L/C										
S - 6	0.00 - 0.20	12	0.0	8.0	2000.0	39	47	55	GW-GM	A-1-a(0)
S - 6	0.20 - 1.50	13	21.1	17.7	1998.0	33	18	52	SM	A-2-4(0)
Estacion 1 + 500, L/D										
S - 7	0.00 - 0.13	14	0	7.8	2072	40	53	64	GW-GM	A-1-a(0)
S - 7	0.13 - 1.50	15	25.3	15	1924	28	39	48	SM	A-2-4(0)
Estacion 1 + 750, L/C										
S - 8	0.00 - 0.18	16	14.6	8.9	2018	35	49	53	SM	A-2-4(0)
S - 8	0.18 - 1.05	17	36.5	19.3	1940	30	45	53	GP-GM	A-1-a(0)
S - 8	0.105 - 1.50	18	8.1	22	1320	4	6	8	GC	A-7-6(2)
Estacion 2 + 000, L/C										
S - 9	0.00 - 0.20	19	0.0	8.1	2002	39	47	56	GW-GM	A-1-a(0)
S - 9	0.20 - 1.50	20	7.2	18.6	1765	27	33	45	SW-SM	A-2-4(0)
Estacion 2 + 250, L/I										
S - 10	0.00 - 0.28	21	0.0	10.1	2120	15	32	50	GW-GM	A-1-a(0)
S - 10	0.28 - 0.75	22	4.2	20.6	1924	28	38	48	SM	A-2-4(0)
S - 10	0.75 - 1.50	23	33.2	18.2	2032	41	55	70	SW-SC	A-1-b(0)
Estacion 2 + 500 L/D										
S - 11	0.00 - 0.30	24	0.0	9.8	2028	38	47	58	GW-GM	A-1-a(0)
S - 11	0.30 - 1.50	25	4.1	16	1919	33	33	54	SC	A-2-4(0)

**Fuente:** CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

### 3.2.6. Estratigrafía del Terreno.

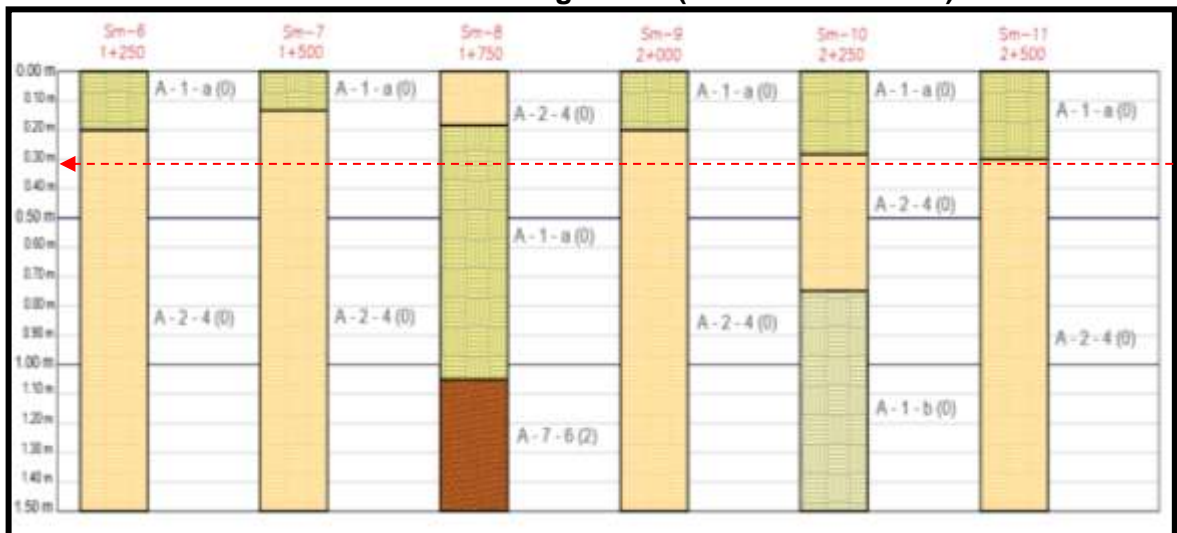
En base al trabajo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se realizó un perfil estratigráfico para detallar los tipos de suelos y su profundidad. Actualmente en la parte superior tenemos la carpeta de rodamiento conformada por materiales **A-2-4(SW-SM)** y **A-1-a (GW-GM)**, con un espesor que varía de 0.16 metros hasta 0.30 metros, se consideró tomar la línea de la subrasante en el terreno por debajo de los 0.30 metros. A continuación, se muestra los perfiles Estratigráficos en los **Gráfico N° 8 - Gráfico N° 9**, marcando la línea de subrasante en color rojo.

**Gráfico 8: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+000 a 0+300).**



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Gráfico 9: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+400 a 0+700).**



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

### 3.2.7. Resultados de ensayos de Bancos de materiales.

Los trabajos geotécnicos de campo corresponden a la realización de muestreos en bancos de materiales, necesarios para la etapa de construcción del Proyecto. Para el construir las capas de Base y Subbase de la carretera, el informe de CONDISA, nos presenta los siguientes datos de las Fuentes de Materiales o Bancos de Préstamos suficientes en cuanto a cantidad y calidad, tratando de estar lo más aproximados al Proyecto.

**Tabla 30: Bancos de Materiales propuestos a utilizar en el desarrollo del proyecto.**

NOMBRE Y UBICACIÓN	BANDA	VOLUMEN DISPONIBLE (M³)	MATERIAL Y POSIBLE USO	COORDENADAS	
				Lat.	Long.
Banco Santiago Pérez, se localiza en la estación 0+455	75 metros a la Izquierda	76,720	Este material de forma natural puede ser usado para subbase, terracería mejorada y rellenos.	13°13'44.46" N	86°33'24.25" O
Banco Manuel Santamaria, se localiza en la estación 1+318	20 metros a la Derecha	127,000	Puede ser usado para capa de subbase, rellenos y como terracería mejorada. Estabilizado con cemento puede ser usado como base.	13°13'40.67" N	86°33'47.22" O

**Fuente:** CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

#### 3.2.7.1. Banco de Préstamo N – 1 (Santiago Pérez).

El **Banco No. 1** se localiza en la estación 0+455, lado Izquierdo, el propietario de este banco es el Sr. **Santiago Pérez**. El volumen aproximado de este banco es de 76,720 m³, este banco se encuentra actualmente en uso.

El material de este banco corresponde a una grava con limo arcilloso de baja plasticidad y clasificación **A-2-4 (0)**, color café claro y blanquecino. Tiene de 30 a 34% de Límite Líquido, de 4 a 5% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan 100% el tamiz de 2 1/2", de 11 a 14% el tamiz No.4, y de 4 a 5% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 2,062 kg/m³, su Humedad Optima de 13.0%, su PVSS es de 1,369 kg/m³, y su Factor de Abundamiento de 1.5. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de 39, 47 y 55%, respectivamente. **(Ver capítulo III, Tabla: 96,98,100, Pág. XVIII, XX, XXII) y (Grafico:22,24 Pág. XVIII, XX, XXII)**

El ensayo de Desgaste Los Ángeles dio un resultado de 29.5%, y el ensayo de Intemperismo Acelerado tuvo resultado de 5.4%. El Peso Específico es de 2.5 y la Absorción de 2.1%. Este material estabilizado con 6.0% de cemento referido al peso volumétrico seco máximo presenta una resistencia a la compresión a los 7 días de edad es de 18.0 kg/cm<sup>2</sup>. Con 8.0% de cemento la resistencia es de 20.90 kg/cm<sup>2</sup>. Este material de forma natural puede ser usado para subbase, terracería mejorada y rellenos.

### **3.2.7.2. Banco de Préstamo N – 2 (Manuel Santamaría).**

El **Banco No. 2** se localiza en la estación 1+318, lado Derecho, el propietario de este banco es el Sr. **Manuel Santamaría**. El volumen aproximado de este banco es de 127,000 m<sup>3</sup>, este banco se encuentra actualmente en uso.

El material de este banco corresponde a una grava con limo arcilloso de baja plasticidad y clasificación A-2-4 (0), A-2-6 (0) y A-2-7 (0), color marrón. Tiene de 29 a 31% de Límite Líquido, de 6 a 11% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan de 96 a 100% el tamiz de 2", de 17 a 24% el tamiz No.4, y de 7 a 10% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 2,054 kg/m<sup>3</sup>, su Humedad Optima de 9%, su PVSS es de 1,338 kg/m<sup>3</sup>, y su Factor de Abundamiento de 1.53. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de 50, 69 y 86%, respectivamente.

El ensayo de Desgaste Los Ángeles dio un resultado de 30.1%, y el ensayo de Intemperismo Acelerado tuvo resultado de 8.0%. El Peso Específico es de 2.3 y la Absorción de 6.0%. **(Ver capítulo III, Tabla: 97,99,101, Pág. XIX, XXI, XXII) y (Grafico:23,25, Pág. XIX, XXI, XXII)**

Este material estabilizado con 6.0% de cemento referido al peso volumétrico seco máximo presenta una resistencia a la compresión a los 7 días de edad es de 21.35 kg/cm<sup>2</sup>. Con 8.0% de cemento la resistencia es de 22.80 kg/cm<sup>2</sup>. Este material de forma natural puede ser usado para Subbase, terracería mejorada y rellenos. Estabilizado con cemento puede ser usado como base.

**Tabla 31: Granulometría y Clasificación de Bancos de Materiales.**

No. Del Banco	% que pasa por tamiz									L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIF. AASHTO	CLASIF. SUCS
	2"	1½"	1"	¾"	3/8"	#4	#10	#40	#200				
<b>Nº 1</b>	95	89	48	37	17	11	8	5	4	31	9	<b>A-2-4 (o)</b>	<b>GP</b>
<b>Nº 2</b>	100	68	46	35	18	10	7	4	3	30	9	<b>A-2-4 (o)</b>	<b>GW</b>
Observaciones: L.L.= Limite Liquido, I.P.= Índice de Plasticidad													

**Fuente:** CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

**Tabla 32: Propiedades fisico-mecanicas de los bancos de materiales.**

BANCO No	P.V.S.S. (kg/m3)	P.V.S.C. (kg/m3)	P.V.S. Max. (Kg/m3)	Humedad Óptima (%)	VOLUMEN EXPLOTABLE (m³)	CBR			USO RECOMENDADO
						90%	95%	100%	
<b>Nº1</b>	1,369	1,519	2,062	12.6	76,720	39	47	55	Sub-base
<b>Nº2</b>	1,338	1,471	2,054	9.3	127,000	50	69	86	Sub-Base
Observaciones: PVSS= Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC= Peso Volumétrico Seco Compacto									

**Fuente:** CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

### 3.2.8. Análisis de Bancos de préstamos.

El material de la **base** debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

**Tabla 33: Especificaciones de Materiales para Base Granular.**

Propiedad	Especificación	Metodología
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
<b>CBR</b>	<b>80% min.</b>	<b>AASHTO-193</b>
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% Proctor Modificado	AASHTO-191

**Fuente:** Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

El material de **subbase** deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de subrasante y su espesor serán variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000:

**Tabla 34: Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular.**

Propiedad	Especificación	Metodología
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
<b>CBR</b>	<b>40% min.</b>	<b>AASHTO-193</b>
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

**Fuente:** Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

De acuerdo a la **Tabla-34 (Criterio de la Nic 2000)** el banco de préstamo **N°1 Santiago Pérez**, puede ser utilizado como fuente de material para la capa subbase, debido a que su CBR **(47%)** es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la Nic 2000.

De acuerdo con la **Tabla- 33 (Criterio de la Nic 2000)**, el banco de préstamo N°2 **Manuel Santamaría** no se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que su CBR **(69%)** es menor al mínimo requerido (80%).

Es necesario ver, si los bancos se ajustan a las condiciones mínimas granulometría y resistencia (CBR), establecidas en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC– 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado. **(Ver Tabla:35, Pág. 50)**



**Tabla 35: Requisitos que debe cumplir cada Banco.**

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco Nº 1	Valoración	Banco Nº 2	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	29.50%	Cumple	30.1%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9%	Cumple	9%	Cumple
Para SUBBASE CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40%	47%	Cumple	69%	Cumple
Para BASE CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	47%	No Cumple	69%	No Cumple
<b>Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la subrasante.</b>					
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco Nº 1	Valoración	Banco Nº 2	Valoración
75	100	100	Cumple	100	Cumple
4.75	30-70	11	No Cumple	10	No Cumple
0.075	0-15	4	Cumple	3	Cumple

**Fuente:** Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

### 3.2.8.1. Estabilización con cemento del material de Bancos préstamos.

Los bancos de materiales descritos anteriormente no cumplen con la sección **1003.23 II b de la NIC - 2000** que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo. Como recomendación de la Nic-2000, que después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión, de por lo menos 1800 KN/m2, que equivale a 21 Kg/cm2 o más bien 270 psi medida después de 7 días.

**Tabla 36: Resultados de estabilización Banco N° 1.**

Espécimen n°.	1	2	3	4	5	6
% Cemento	4 %		6 %		8 %	
Fecha elaboración	02-ago-12					
Fecha ensayo	09-ago-12					
Edad, días	7					
Resistencia Promedio a la compresión, Kg/cm2	18.0		20.9		28.1	
Resist. Prom. a la compresión, PSI	256.06		297.32		399.74	

Fuente: CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

**Tabla 37: Resultados de estabilización Banco N° 2.**

Espécimen n°.	1	2	3	4	5	6
% Cemento	4 %		6 %		8 %	
Fecha elaboración	02-ago-12					
Fecha ensayo	09-ago-12					
Edad, días	7					
Resistencia Promedio a la compresión, Kg/cm2	19.5		21.35		22.80	
Resist. Prom. a la compresión, PSI	277.40		303.72		324.35	

Fuente: CONDISA (Consultoría y diseños S.A-2017).

En resumen, en la **Tabla – 38** se muestra el material del banco escogido para cada capa.

**Tabla 38: Banco de material a utilizar.**

Banco de Diseño	Capa	
<b>N° 1 Santiago Pérez</b>	Para Sub-base	No tratada.
<b>N° 2 Manuel Santamaría</b>	Para Base	Estabilizado con cemento 6%.

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

### 3.3. CBR de Diseño.

Es necesario recordar que el Ensayo CBR (California Bearing Ratio): mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) en suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193.

La Sub- rasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto. En nuestro caso se tomó una profundidad subrasante de 0.30 metros para el diseño del CBR. En la siguiente tabla se presentan las especificaciones para subrasante.

**Tabla 39: Especificaciones para terraplenes y materiales para sub- rasante.**

Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
<b>% de malla N° 200</b>	40 % Max	30 % Max	AASHTO-11
<b>Limite Liquido</b>	40 % Max	30 % Max	AASHTO-89
<b>Índice Plástico</b>	15 % Max	10 % Max	AASHTO-90
<b>CBR</b>	10 % Min	20 % Max	AASHTO-193
<b>Compactación</b>	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/0 T-238 (in situ)

Fuente: Especificaciones generales NIC– 2000.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de 60%, 75% o el 87.5%, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la **Tabla 40**.

**Tabla 40: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.**

NUMERO DE EJES DE 8.2 Ton EN EL CARRIL DE DISEÑO (N)	PORCENTIL SELECCIONADO PARA DISEÑO
<b>MENOR de 10,000 ESAL's</b>	<b>60</b>
<b>Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's</b>	<b>75</b>
<b>MAYOR de 1,000,000 ESAL's</b>	<b>87.5</b>

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991.

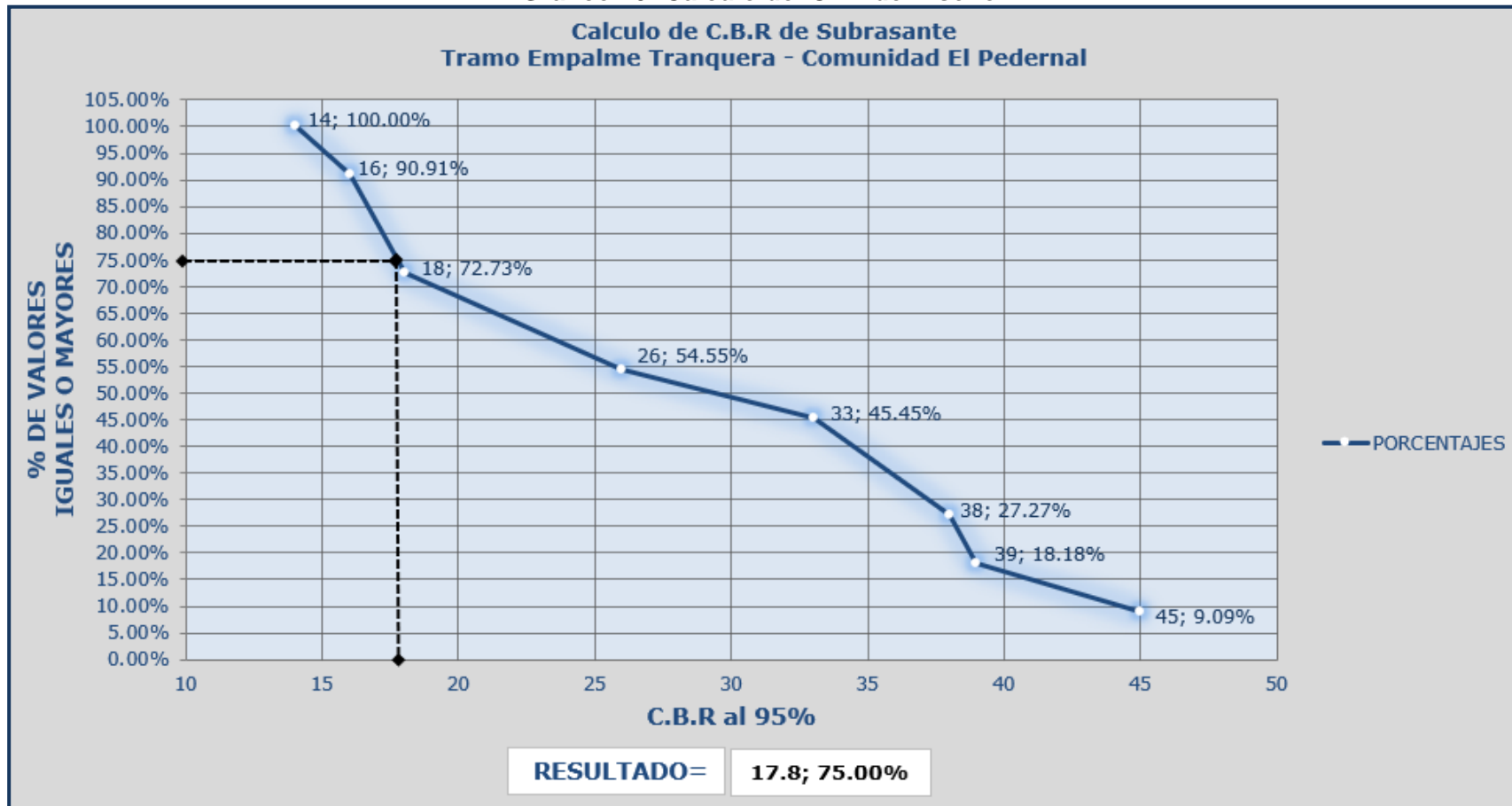
Para nuestro diseño se eligió el percentil de Diseño 75% ya que las el Capitulo tránsito se obtuvo un valor de **587,543.00** repeticiones equivalentes a 18,000 Libras. En la siguiente **Tabla – 41** se muestran los valores para el cálculo del CBR de la Subrasante.

**Tabla 41: Valores a utilizar para el Cálculo de CBR de Diseño.**

Muestra	Tipo de Suelo AASHTO	CBR	Frecuencia	Cantidad de valores iguales o mayores	% de Valores Iguales o Mayores
M-5	A-2-7(0)	14	1	11	11/11* 100 = 100.0%
M-2, M-7	A-2-7(0)	16	2	10	10/11* 100 = 90.91%
M-9, M-13	A-2-4(0)	18	2	8	8/11* 100 = 72.73%
M-11	A-2-4(0)	26	1	6	6/11* 100 = 54.55%
M-20, M-25	A-2-4(0)	33	2	5	5/11* 100 = 45.45%
M-22	A-2-4(0)	38	1	3	3/11* 100 = 27.27%
M-15	A-2-4(0)	39	1	2	2/11* 100 = 18.18%
M-17	A-1-a(0)	45	1	1	1/11* 100 = 9.09%
<b>TOTAL DE MUESTRAS UTILIZADAS=</b> 11 de 25, se tomaron los suelos debajo de la línea de Subrasante considerando una profundidad de 0.30 metros.					

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico 10: Cálculo del CBR de Diseño.



*Fuente: Sustentantes.*

Se puede demostrar en el gráfico el resultado del CBR de diseño para la sub- rasante fue de **17.8%**, se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.



# **CAPÍTULO IV**

## **DISEÑO DE PAVIMENTO**



2018

### **5.1. Generalidades.**

El método de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993, es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, semi-rígidos, flexibles y articulados. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería (BPI).

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto hidráulico y adoquinado. Debido a su fácil manejo y otras características en este estudio se eligió adoquines, en todo caso resulta una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

### **5.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93.**

#### **5.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL).**

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño  $F=1$ .

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es **587,543.00**

### 5.2.2. Confiabilidad (R).

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento durante todo el período de diseño se comporte de manera satisfactoria bajo las condiciones de carga.

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tráfico y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora Rural lo cual se muestra en la **Tabla 42**. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo con el grado funcional del tipo de la carretera presenta una desviación **Z<sub>r</sub>** de **-0.841**, lo cual se muestra en la **Tabla 43**.

**Tabla 42: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.**

Tipo de Carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-95	75-95
Colectoras	50-80	<b>50-80</b>

**Fuente:** Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004.



**Tabla 43: Valores de Zr en función de la Confiabilidad R.**

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

**Fuente:** Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

### 5.2.3. Desviación estándar (So).

La desviación estándar Aplicada en este modelo, se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito.

**Tabla 44: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.**

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

**Fuente:** Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

#### 5.2.4. Serviciabilidad ( $P_o$ , $P_t$ ).

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

La forma más sencilla para determinar la pérdida de serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

**Tabla 45: Factores de Serviciabilidad.**

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
<b><math>P_o = 4.5</math> para pavimentos rígidos</b>	$P_t = 2.5$ o más para caminos principales
<b><math>P_o = 4.2</math> para pavimentos flexibles</b>	<b><math>P_t = 2.0</math> para caminos de Tránsito menor</b>

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

#### 5.2.5. Coeficiente de Drenaje ( $m_i$ ).

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se muestra en la **Tabla 46**.

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de  **$m_i = 1.00$** .

**Tabla 46: Capacidad del Drenaje para Remover la Humedad.**

Capacidad del drenaje para remover la humedad		
Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
<b>Excelente</b>	2 horas	2 horas
<b>Bueno</b>	1 día	<b>2 a 5 horas</b>
<b>Regular</b>	1 semana	5 a 10 horas
<b>Pobre</b>	1 mes	De 10 a 15 horas
<b>Malo</b>	No drena	Mayor de 15 horas

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

**Tabla 47: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.**

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
<b>Excelente</b>	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	<b>1.00</b>
<b>Regular</b>	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
<b>Pobre</b>	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
<b>Muy Pobre</b>	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

#### 5.2.6. Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de **17.8%**. Este se obtuvo con un percentil de **75%**. *(Ver Gráfico 10 del Cap. III, pág. 54)*

#### 5.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).

La base para la caracterización de los materiales de la sub-rasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición.

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub-rasante.

**Tabla 48: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub-rasante.**

Valor de CBR	Consideración
<b>CBR &lt; 10%</b>	$Mr = 1500 * CBR$ (Ec. 10)
<b>CBR &gt; 10%</b>	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$ (Ec. 11)

**Fuente:** Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de **17.8%**, utilizaremos el segundo criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub-rasante aplicando la **Ecuación N° 11**, por tanto:

$$Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241 \quad (\text{Ec. 11})$$

$$Mr = 4326 \times \ln(17.8\%) + 241$$

$$Mr = 12,696.4 \text{ psi}$$

#### 5.2.8. Coeficientes de capa ( $a_n$ ).

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente ( $a_n$ ), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN. Estos están representados con la siguiente simbología:

**a<sub>1</sub>:** Para la carpeta de rodamiento (**Adoquín**).

**a<sub>2</sub>:** Para la base granular (**Banco N°2**),

- (Est 2+318 Manuel Santamaría A-2-4).

**a<sub>3</sub>:** Para la Sub-base (**Banco N°1**)

- (Est 0+455, Santiago Pérez A-2-4).

#### 5.2.8.1. Coeficientes Estructural $a_1$ .

La capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que, debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de  $a_1 = 0.45$ , valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

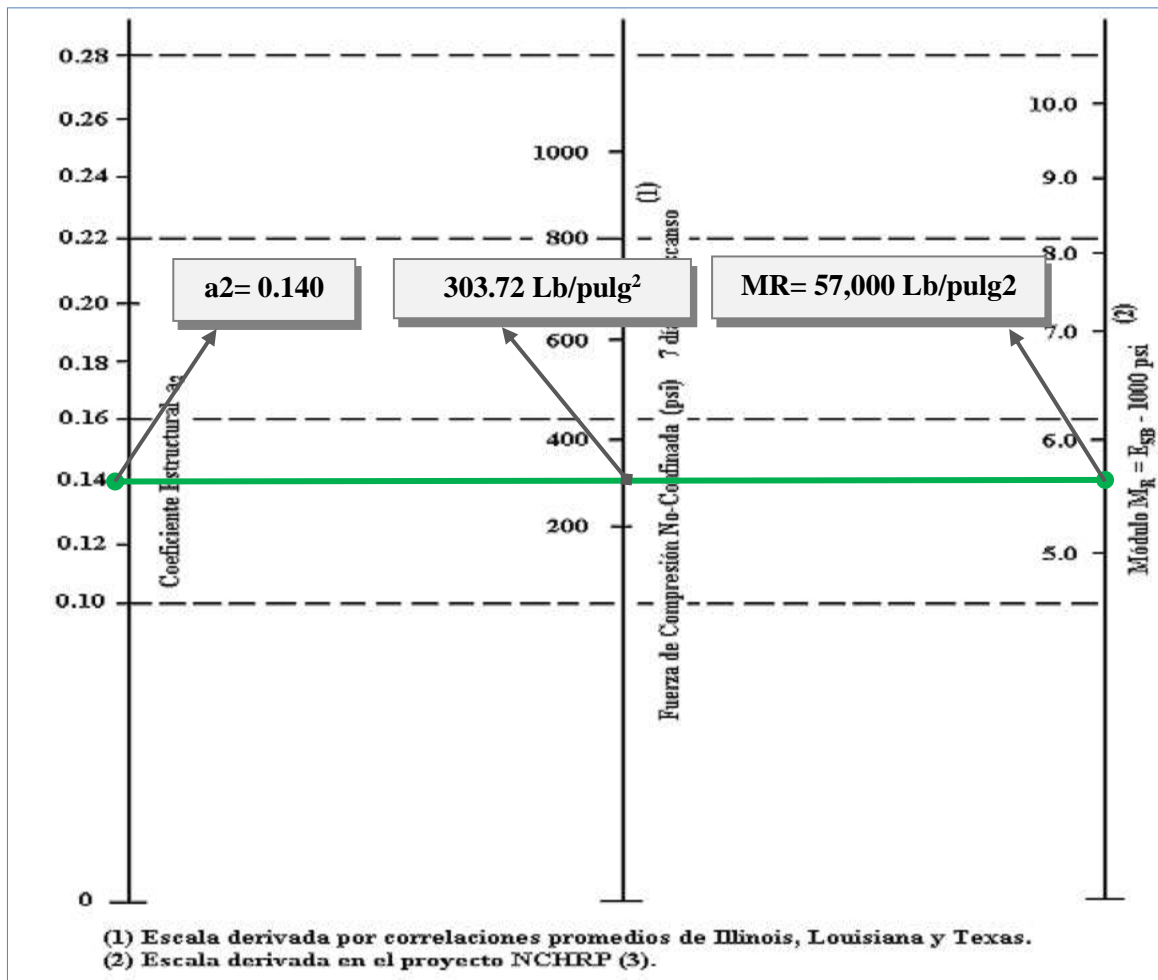
El adoquín a utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 4500 PSI, como

#### 5.2.8.2. Coeficientes Estructural $a_2$ .

La determinación del coeficiente estructural  $a_2$  se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular tratada con cemento proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-36).

El valor de Resistencia a Compresión usado para la determinación del coeficiente estructural  $a_2$  es igual a **303.72 lb/pulg<sup>2</sup>** que corresponde al Banco de **Préstamo #2 (Santa María)** clasificado como un material **A-2-4 (0) con índice de grupo cero**, de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de  $a_2 = 0.140$  y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de  **$M_r = 57,000$  psi. (Ver Gráfico 11 a continuación)**

**Gráfico 11: Obtención del Coeficiente estructural  $a_2$  y el Módulo Resiliente, para Base Granular tratada con Cemento.**

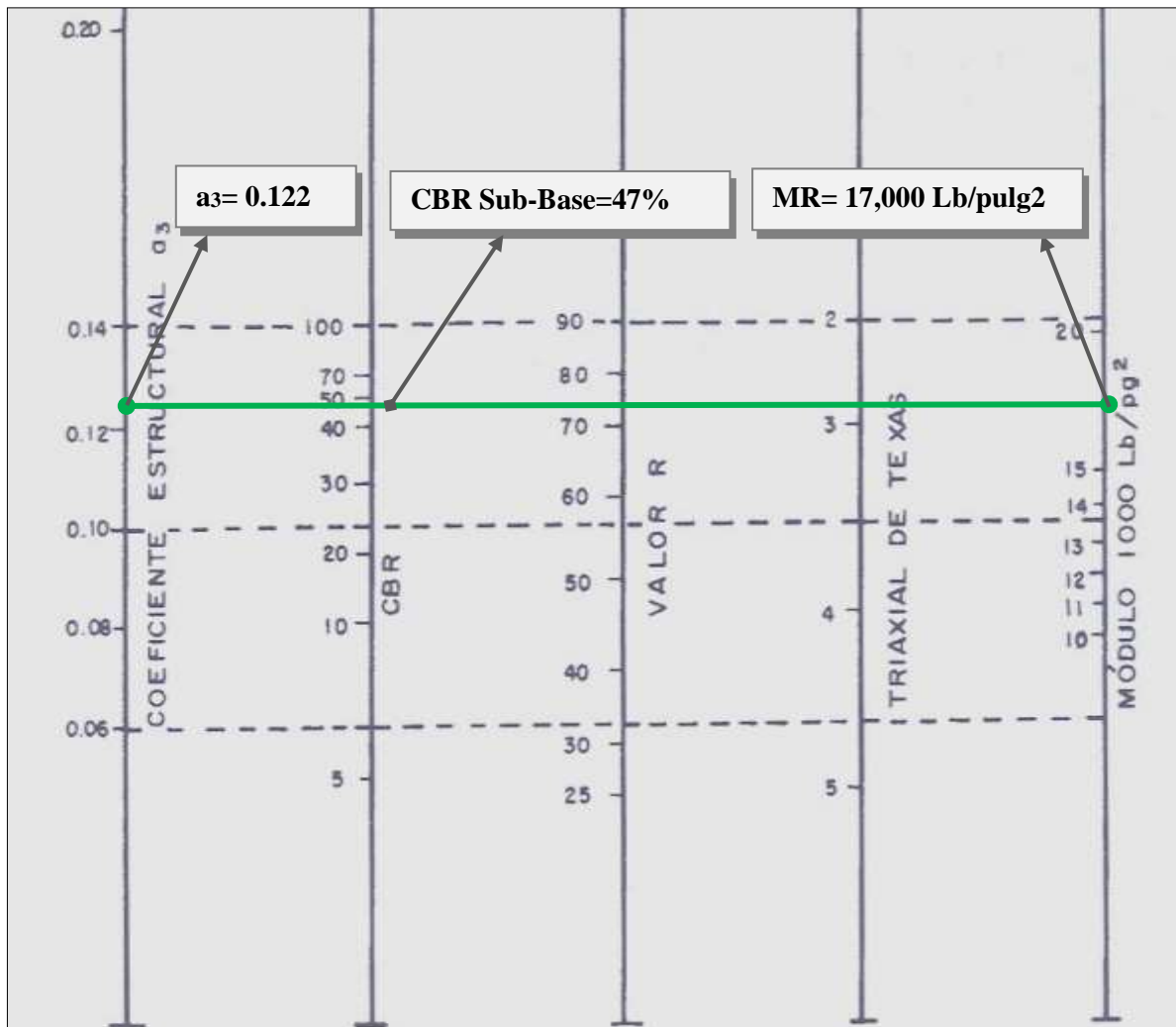


**Fuente:** Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

### 5.2.8.3. Coeficientes Estructural $a_3$ .

El valor de CBR usado para el cálculo de la Sub-Base es igual a **47%** que corresponde al Banco de **Préstamo #1, (Santiago Pérez)** clasificado como un material **A-2-4 (0) con índice de grupo cero**, de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de  **$a_3 = 0.122$**  y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de  **$M_r = 17,000$  PSI. (Ver Gráfico 12 a continuación)**

**Gráfico 12: Obtención del Coeficiente estructural  $a_3$  y el Módulo Resiliente, para Sub-Base Granular.**



**Fuente:** Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

### 5.2.9. Número Estructural.

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad (\text{Ec. 12})$$

**Dónde:**

**D<sub>1</sub>, 2, 3=** espesores de capas asfálticas, base y sub-base respectivamente en (pulgadas).

**a<sub>i</sub>=** coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo

**m<sub>i</sub>=** coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

### **5.3. Calculo de Espesores.**

El espesor D<sub>1</sub> para nuestro caso está definido, debido que se utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto, **D<sub>1</sub>= 4** pulgadas y el coeficiente estructural **a<sub>1</sub>: 0.45**.

Se calcula el número correspondiente a la capa de la siguiente forma:

$$SN_1 = a_1 * D_1 \quad (\text{Ec. 13})$$

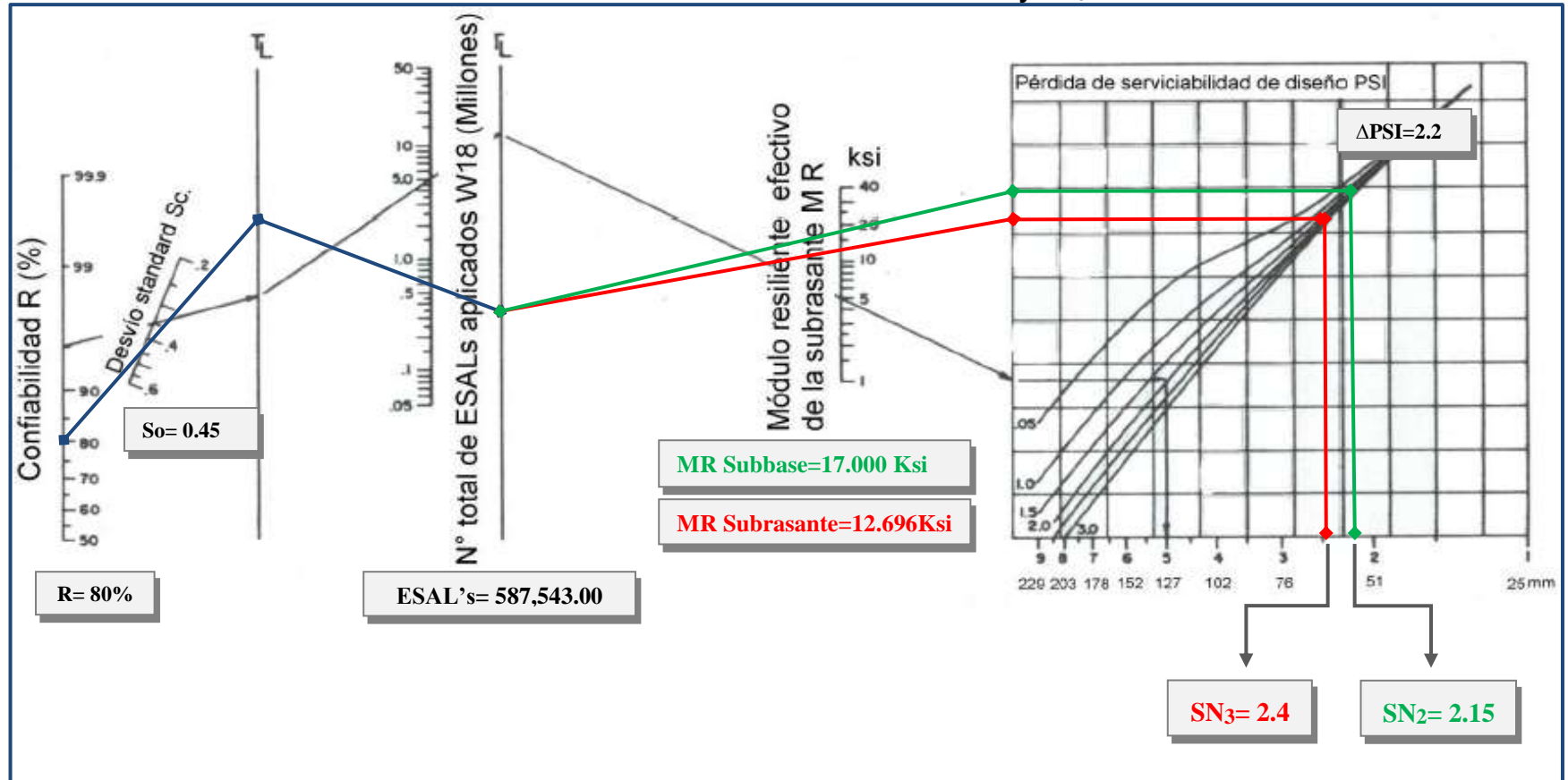
$$SN_1 = (0.45) * (4.00)$$

$$SN_1=1.8$$



Para el cálculo de **SN<sub>2</sub>** y **SN<sub>3</sub>** (**SN<sub>requerido</sub>**), se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un **SN<sub>2</sub>** de **2.15** y un **SN<sub>3</sub>** de **2.4**.

**Gráfico 13: Obtención del Numero estructural SN<sub>2</sub> y SN<sub>3</sub>.**



**Fuente:** Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

### 5.3.1. Cálculo del espesor de la base (D<sub>2</sub>) y Sub-base (D<sub>3</sub>).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN<sub>1</sub>, entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

Para la base (D<sub>2</sub>):

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad (\text{Ec. 14})$$

$$D_2 = (2.15 - 1.8) / (0.140 * 1.00)$$

$$D_2 = 2.5'' \text{ pulgadas. "No cumple"}$$

Las 2.5 “pulgadas” será el espesor que se requiere para que D<sub>2</sub> (Base), resista los esfuerzos que le transmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo a la **Tabla 49**, de espesores mínimos resulta que para el ESAL's de diseño de **587,543.00** el espesor mínimo de la base granular es **6.00 pulgada** (15 centímetros).

**Tabla 49: Espesores mínimos sugeridos por capa.**

Numero de ESAL's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	ADOQUIN	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
<b>500,000 - 2,000,000</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175.

Se corrige el número estructural:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad (\text{Ec. 15})$$

$$SN_2 = (0.140) * (6.00) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.840$$

El número estructural (SN<sub>2</sub>) valor para la base resulta de 0.840.

**Para la Sub-base (D<sub>3</sub>):**

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1) / (a_3 * m_3) \quad (\text{Ec. 16})$$

$$D_3 = 2.4 - (0.840 + 1.80) / (0.122 * 1.00)$$

$$D_3 = -1.97 \text{ pulgadas "No cumple"}$$

Los criterios de la AASHTO 93, indican que si el resultado del espesor para la sub-base posee un valor negativo, este no necesita dicha capa.

**Comprobación:**

$$SN_1 + SN_2 \geq SN \text{ Requerido} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$1.8 + 0.840 \geq 2.40$$

$$2.64 \geq 2.40 \text{ O. K}$$

### 5.3.2. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento del tramo de carretera Empalme La Tranquera – El Pedernal (2.5 kilómetros), será de **4 pulgadas** ya que este caso se utilizará adoquín y la base granular será de **6 pulgadas**, en este diseño no es necesario la capa Sub-base, a continuación, se detallan son los siguientes espesores de diseño:

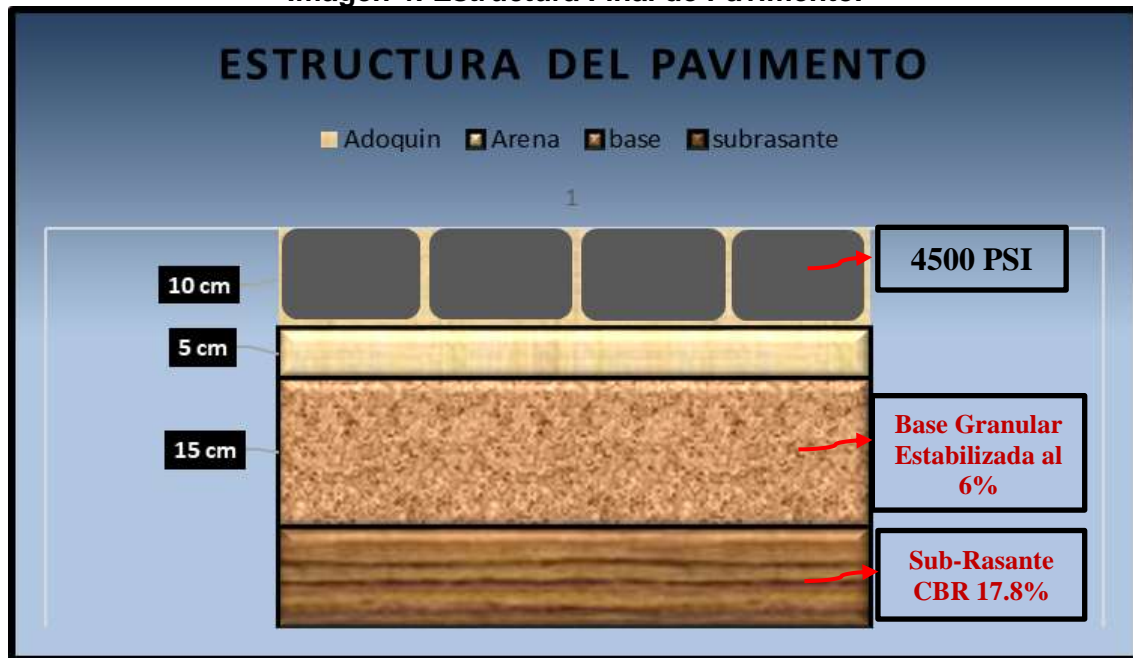
**Tabla 50: Espesores de Diseño.**

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento( Adoquín)	4	10
Capa de arena	2	5
Base granular	6	15
Sub-base	No necesita	-
<b>Espesor Total Requerido</b>	<b>10"</b>	<b>25"</b>

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

A como se observa en la tabla anterior, al utilizar adoquín como carpeta de rodamiento, el espesor de 5 centímetros de arena no es tomado en cuenta en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural. Tal y como se muestra en la **Imagen 4** la estructura total es de **10 pulgadas o 25 centímetros**.

**Imagen 4: Estructura Final de Pavimento.**



**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

#### **5.4. Uso del programa WinPAS.**

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinan los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software “**WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)**”, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO ya que resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño. A continuación, se muestran los Parámetros de entrada para el programa WinPAS.

**Tabla 51: Datos de Entrada en WinPAS.**

<b>Datos Para Utilizar en WinPAS.</b>	
Confiabilidad (R)	80%
Capacidad de Servicio Inicial (Po)	4.5
Capacidad de Servicio Final (Pt)	2.0
Pérdida de Serviciabilidad $\Delta$ PSI	2.2
Número de Ejes Equivalentes (ESAL's)	587,543.00
C.B.R. de Diseño	17.8%
Módulo Resiliente Sub-rasante (MRSr)	12,696.4 PSI
Coeficiente de Drenaje ( $m_{1,23}$ )	1.00
Coeficiente de Capa $a_1$	0.45
Coeficiente de Capa $a_2$	0.140

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

**Imagen 5: Software de diseño WinPAS.**



*Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).*

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/evaluaciones, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/evaluaciones de pavimento asfáltico.

**Imagen 6: Selección del Tipo de Pavimento a diseñar.**



*Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).*

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño:

No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de datos, dando click en la pestaña resolver (*Solve for*).

**Imagen 7: Introducción de Datos en WinPAS.**

The 'Flexible Design Inputs' dialog box is shown with the following data:

Field	Value
Structural Number	
Design ESAL	587,543
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	12,696.4 psi
Initial Serviceability, $P_o$	4.20
Terminal Serviceability, $P_t$	2.00

Buttons: Cross Section, OK, Layer Determ., Solve For.

Warning: WARNING! Input Value Changed Press Solve For to Recalculate

*Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).*

Después de haber dado click en la pestaña *resolver (Solve for)*. Según el software WinPAS se requiere un **SN=2.37**.

**Imagen 8: Calculo de SN requerido en WinPAS.**

Flexible Design Inputs

Structural Number	2.37
Design ESAL	587,543
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	12,696.4 psi
Initial Serviceability, $P_o$	4.20
Terminal Serviceability, $P_t$	2.00

Buttons: Cross Section, OK, Layer Determ., Solve For

Solve For: **Structural Number 2.37**

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento, entrando en la pestaña Layer Determ.

**Imagen 9: SN requerido.**

Layer Determ.

Solve For: **Structural Number 2.37**

Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales ( $a_1$ , y  $a_2$ ), los coeficientes de drenaje ( $m_1$  y  $m_2$ ), y por último los espesores ( $D_1$  y  $D_2$ ). Se puede observar que, al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que  $\Sigma SN=2.64$ , es mayor que el **SN requerido=2.37**.

The screenshot shows the "Flexible Pavement Layer Thickness Determination" window. It features a table with columns for Layer Material, Layer Coefficient, Drainage Coefficient, Layer Thickness (inches), Layer Struct No., S<sub>N</sub>i, and Additional Thickness (inches). The first two rows are populated:

	Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient,	Layer Thickness inches	Layer Struct No., S <sub>N</sub> i	Additional Thickness inches
	Asphalt Cement Concrete	0.45	1.00	4.00	1.80	
	Cement Treated Agg. Base	0.14	1.00	6.00	0.84	
▶						

Below the table, summary values are displayed:

ΣS <sub>N</sub>	2.64	(OK)
S <sub>N</sub> Required	2.37	

An arrow points from the question mark icon in the bottom right corner to the red circle around the "(OK)" label.

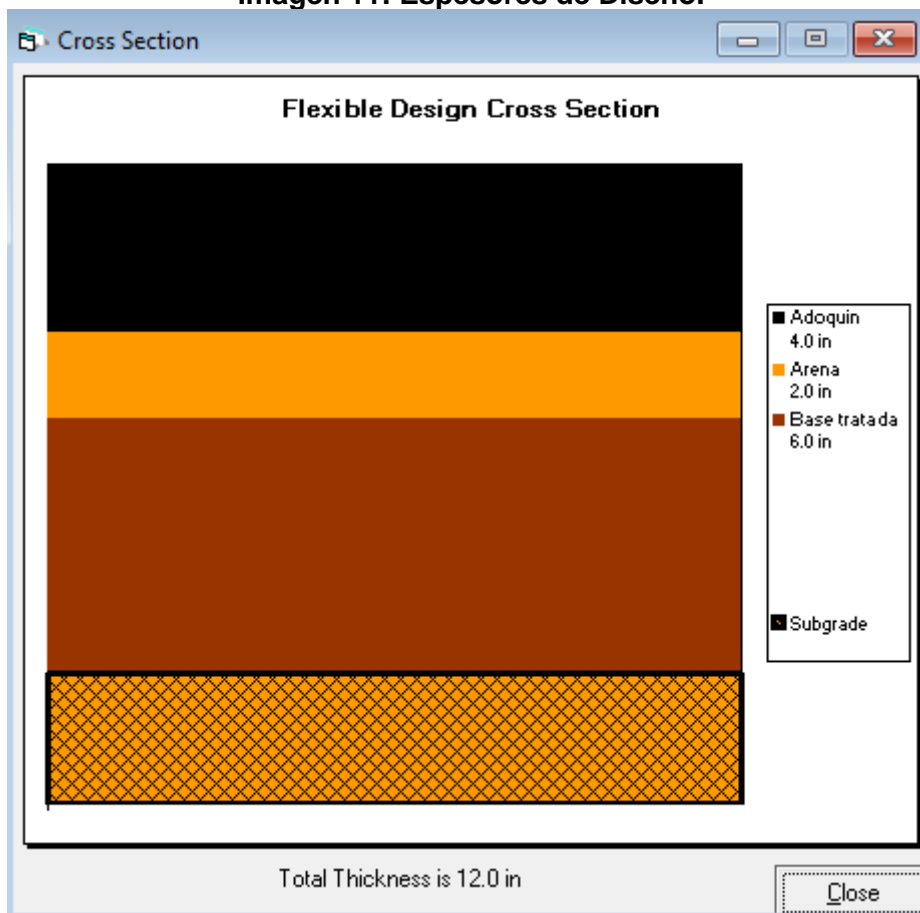
Procedemos a calcular el espesor para cada capa de la Estructura de Pavimento por medio del programa WinPAS, que de acuerdo con sus características estructurales proporcionen la capacidad correspondiente al Número Estructural.

$$\Sigma SN \geq SN \text{ requerido}$$

Por último, el software WinPAS nos muestra los espesores de pavimento **Ver Imagen 11 a continuación.**



**Imagen 11: Espesores de Diseño.**



**Fuente:** WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Obteniendo así una suma total para la estructura de pavimento articulado de **12” pulgadas**.



# **CAPÍTULO V**

## **IMPACTO AMBIENTAL**



2018

### **5.1. Introducción.**

El presente capítulo contiene la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para el mejoramiento del tramo de carretera Empalme Tranquera – El Pedernal (**2.50 Kilómetros**), de acuerdo con las Políticas operacionales del Banco Interamericano, el Proyecto se clasifica ambientalmente en Categoría “**B**”, lo que significa que los posibles impactos generados pueden ser localizados y pueden revertirse aplicando medidas de mitigación.

De acuerdo con el Decreto 76-2006, “Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua”, Capítulo II “Régimen Institucional”, el proyecto es considerado de Bajo Impacto Ambiental. Sin embargo, a fin de aplicar las respectivas salvaguardas ambientales se desarrolló una valoración ambiental del tramo de 2.5 Kilómetros (**Empalme Tranquera – El Pedernal**), donde se identifican los impactos ambientales potenciales más importantes, tanto positivos como negativos, los cuales fueron identificados mediante una matriz de causa efecto, así como, una matriz de valoración para determinar su importancia.

### **5.2. Metodología de la Valoración Ambiental.**

Para desarrollar la presente valoración ambiental, se desarrolló una metodología que involucra tres fases que están interrelacionadas siendo las siguientes:

**FASE I (Recopilación y análisis de información secundaria):** En esta fase se recopiló, selecciono y revisó la información secundaria existente, especialmente la relacionada con las áreas temáticas de interés, se puso especial atención a las temáticas relacionadas al medio biótico (Flora y fauna); medio abiótico (suelos, hidrología, geomorfología, geología) y los aspectos socioeconómicos y la valoración económica del plan de gestión ambiental.

**FASE II (Trabajo de campo para complementar la información existente):** Esta Fase se desarrolló in situ dentro del área de influencia del Proyecto. Tuvo por objetivo verificar y completar la información obtenida en la Primera Fase.

Durante esta fase se incluyó el uso de mapas, ubicación cartográfica, mediciones y estimaciones. Además, se hicieron entrevistas y encuestas a autoridades locales y a población que puedan retroalimentar y construir diferentes escenarios que muestren posibles daños y/o beneficios ecológicos y socioeconómicos que se puedan derivar de la obra.

**FASE III (Trabajo de procesamiento y análisis de información y presentación de resultados):** En esta Fase se desarrolló los métodos descriptivos y de evaluación propios de cada área temática de la valoración ambiental. Matrices que muestren la integración del estudio en proceso, donde se relacionen los diferentes hallazgos fueron elaboradas para facilitar el análisis.

También se desarrolló trabajos de gabinete para evaluar y cuantificar los impactos potenciales identificados, así como, identificación de las medidas de prevención, mitigación o compensación que mejor se adapten a las condiciones ambientales y al tipo de Proyecto.

En esta Fase se incluye la elaboración del informe final conteniendo lo especificado en los términos de referencia (descripción y caracterización ambiental del área de influencia; identificación, evaluación y análisis de los impactos ambientales; análisis de riesgos; medidas ambientales; programa de gestión ambiental y la evaluación de la viabilidad ambiental).

### **5.3. Marco Político, Legal y Administrativo.**

Los instrumentos jurídicos establecidos en Nicaragua en materia ambiental tienen por objetivo lograr armonizar los objetivos de desarrollo económico y social del país, con un manejo adecuado del medio ambiente. Para estos fines, se han establecido instrumentos jurídicos que, por un lado, promueven la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales. Para lograr un equilibrio racional entre el desarrollo socio económico, la conservación del ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales.

A continuación, se presentan un resumen de las diferentes disposiciones contenidas en el marco político, legal y administrativo que son aplicables a este tipo de proyectos.

#### **5.3.1. Constitución Política de Nicaragua y sus reformas.**

La Carta Magna de la República de Nicaragua, establece como un derecho el garantizar a los nicaragüenses, un medio ambiente sano, así como el deber del Estado de garantizar la preservación, conservación y de rescate del medio ambiente y de los recursos naturales (**Arto. 60**). También establece que los recursos naturales son patrimonio nacional y que corresponde al Estado, su preservación y conservación, desarrollo y explotación racional, estableciendo que el Estado podrá celebrar contratos de explotación racional de estos recursos, cuando el interés nacional así lo requiera (**Arto. 102**).

#### **5.3.2. Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo (Ley 290).**

El Arto. 12 de la Ley 612 que reformó la **Ley 290** en enero de 2007 transfiere al Ministerio de Energía y Minas la administración del uso y explotación de canteras y minas mediante la aplicación del régimen de concesiones y licencias y la tramitación de las solicitudes correspondientes, conforme a las normas de sostenibilidad técnicas y las regulaciones establecidas por MARENA.

El Arto. 25 de la **Ley 290**, establece que, al Ministerio de Transporte e Infraestructura, le corresponde dirigir, administrar y supervisar, en forma directa o delegada la conservación y desarrollo de la infraestructura de transporte.

El Arto. 28 de la **Ley 290**, especifica que le corresponde al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, controlar las actividades contaminantes, administrar el sistema de evaluación de impacto ambiental y el de áreas protegidas del país, con sus respectivas zonas de amortiguamiento, supervisar el cumplimiento de los convenios y compromisos internacionales del país en el área ambiental.

### **5.3.3. Decreto 9-96 Reglamento de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.**

**Arto. 4:** Los Gobiernos Regionales y Municipales en la aplicación y ejecución de la política ambiental y de Recursos Naturales, en el ámbito de su circunscripción tendrán las funciones y atribuciones señaladas por las leyes y las que expresamente señala la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, las que ejercerán en base a las normas técnicas vigentes y en coordinación armónica con el MARENA.

**Arto. 5:** Las instituciones públicas, los gobiernos regionales y municipales coadyuvaran con el MARENA en la aplicación y cumplimiento de la Ley, el presente Reglamento y demás disposiciones de vigencia.

**Arto. 6:** Para el cumplimiento de los objetivos, principios y disposiciones de la Ley en relación con la participación ciudadana, cada instrumento de gestión ambiental en su diseño y aplicación incorporara los procedimientos y estudios específicos para hacer efectiva dicha participación en cada uno de los niveles nacional, regional, municipal y local. Los ciudadanos en forma individual o colectiva tienen el derecho a ser informados sobre políticas, programas, proyectos y actividades que afecten o pueden afectar la calidad del ambiente y el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

**Arto.74:** Las autoridades municipales y de las Regiones Autónomas, podrán emitir ordenanzas y disposiciones de carácter local en relación al ambiente y los recursos naturales, en coordinación con MARENA para asegurar el cumplimiento de las normas y estándares nacionales vigentes.

#### **5.3.4. Ley Especial Para el uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la infraestructura (Ley 730).**

La **Ley No. 730** publicada en la Gaceta No. 152 del 11/08/2010 tiene por objeto normar el uso y aprovechamiento racional de los bancos de materiales selectos o bancos de préstamo a nivel nacional aptos para la infraestructura de interés público y normar las relaciones de las Instituciones del estado.

En el **Arto. 5** de la referida ley, se expresa que los permisos de las diversas instituciones serán de acuerdo con el ámbito de su competencia.

La Unidad de Gestión Ambiental del Ministerio de Transporte e Infraestructura es la designada a desarrollar la supervisión del aprovechamiento del banco de materiales de acuerdo a lo dispuesto en el **Arto. 7**.

#### **5.3.5. Ley de Aguas Nacionales (Ley 620).**

La **Ley 620**, tiene por objeto establecer el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo y de preservación en cantidad y calidad de todos los recursos hídricos existentes en el país, sean estos superficiales, subterráneos, residuales y de cualquier otra naturaleza, garantizando a su vez la protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente.

Ley crea a la **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**, órgano descentralizado del Poder Ejecutivo en materia de agua y que tendrá facultades técnicas-normativas, técnicas-operativas y de control y seguimiento.

La Ley establece en su **Arto. 85**, que el uso de las aguas requiere de una concesión otorgada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en los términos de la Ley y su Reglamento.

## 5.4. Área de influencia.

La delimitación de las mismas se ha realizado considerando los impactos derivados propiamente por la ejecución de las obras del proyecto, así como, la ocupación del suelo, ruido, la generación de material particulado en suspensión, vibraciones, el corte de vegetación entre otros, y los impactos positivos como la generación de empleos y beneficios que el proyecto pueda brindar.

### 5.4.1. Área de Influencia Directa (AID).

Desde el punto de vista ambiental, el área de influencia directa (AID) del proyecto se identifica como la zona que será afectada por impactos directos, es decir, el área que será afectada por la reconstrucción de la estructura de la carretera, limpieza, movimiento de tierras y otras actividades que tienen impacto directo sobre el ambiente cerca del proyecto.

Basándose en el método utilizado por Canter (1998), se consideraron **250 metros** a partir del eje central de la carretera, resultando un total de **1.25 Km<sup>2</sup>**. (Ver Imagen 12, a continuación).

Imagen 12: Área de influencia Directa.



Fuente: Google Earth (2018).



#### 5.4.2. Área de Influencia Indirecta (AII).

En esta área todos los impactos del área de influencia directa se atenúan tanto en magnitud como en duración y ha sido delimitada tomando en cuenta el área directa más un área alrededor de ella.

Basándose en el método utilizado por Canter (1998), se consideraron **500 metros** a ambos lados, partiendo del AID, resultando un área total de **2.50 Km<sup>2</sup>**.

**Imagen 13: Área de influencia Indirecta.**



Fuente: Google Earth (2018)

#### 5.5. Caracterización del Medio Ambiental y Social del Área del proyecto.

Para el análisis de esta Valoración Ambiental se tomó como referencia principal el área directa a ser afectada por la construcción y la operación. Según el Decreto 76-2006, en el artículo cuatro, inciso tres, el área de influencia de un proyecto se refiere a todo el espacio geográfico, incluyendo todos los factores ambientales que pudieran provocar cambios cuantitativos o cualitativos en su calidad debido a las acciones en la ejecución del proyecto. Para definir los límites del área de influencia se tomaron los siguientes criterios: Geología y geomorfología, Hidrología, Calidad del aire, Fauna, Flora, Paisaje, social y económico.

### 5.5.1. Medio Físico.

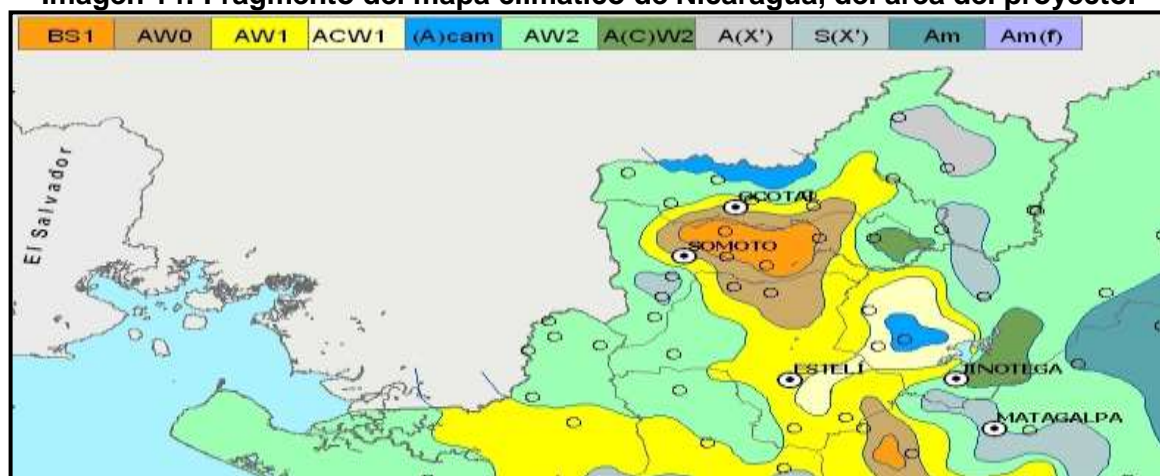
#### 5.5.1.1. Clima.

De acuerdo con el mapa climático de Nicaragua (INETER) que está basado en la clasificación de Köppen, elaborado por la dirección general de meteorología de INETER, la zona donde se ha proyectado construir el tramo de carretera, presenta dos tipos de categorías de clima; cálidos húmedos tropicales con lluvia (**AW2**).

**Cálido Húmedo Tropicales con lluvia (AW2)**, que se caracteriza un periodo seco bien marcado entre noviembre a abril y un periodo lluvioso entre mayo a octubre. La precipitación varía desde un mínimo de 600 mm en los valles intramontanos de la región Norte hasta un máximo de 2,000 mm/año. La temperatura media anual registra valores de 30°C en la parte central de la región del Pacífico y de 18 en los lugares elevados del macizo montañoso Central.

En la Imagen de abajo se encuentra un fragmento del mapa climático de Nicaragua, comprende la zona donde se enmarca el proyecto.

**Imagen 14: Fragmento del mapa climático de Nicaragua, del área del proyecto.**



**Fuente:** Mapa climático de Nicaragua, INETER.

#### 5.5.1.2. Precipitación.

La precipitación media anual en el municipio alcanza los 1,110 mm. El periodo de lluvias del municipio comprende los meses de mayo a octubre, en estos seis meses se logra acumular un promedio de 1069 mm lo que equivale al 96.3 % del total anual.

**Gráfico 14: Distribución Anual de la Precipitación.**

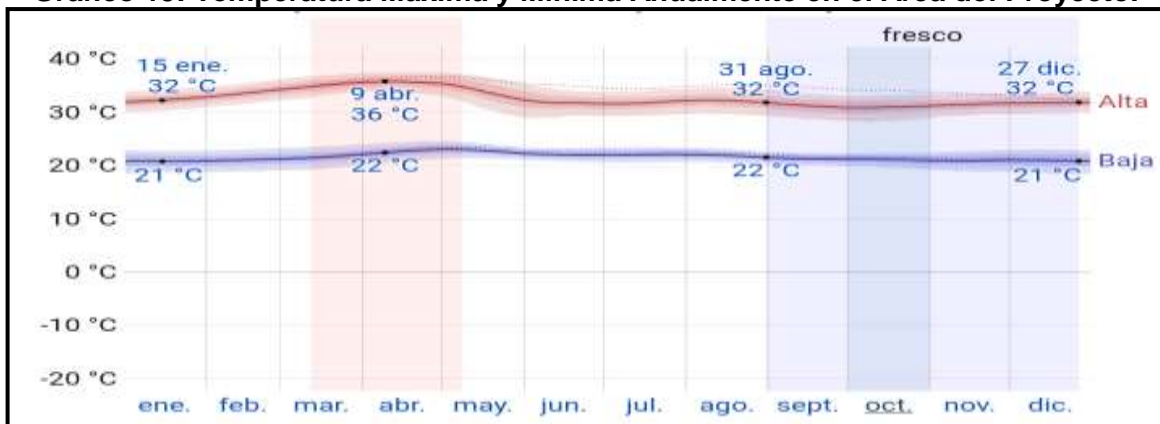


**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

### 5.5.1.3. Temperatura.

El área del proyecto se encuentra dentro de un rango de temperatura media anual que varía entre 21 y 32 °C, disminuyendo hacia el mes de diciembre a medida que en el hemisferio norte avanzan los frentes fríos. En el gráfico siguiente se encuentra la distribución promedio mensual.

**Gráfico 15: Temperatura Máxima y Mínima Anualmente en el Área del Proyecto.**

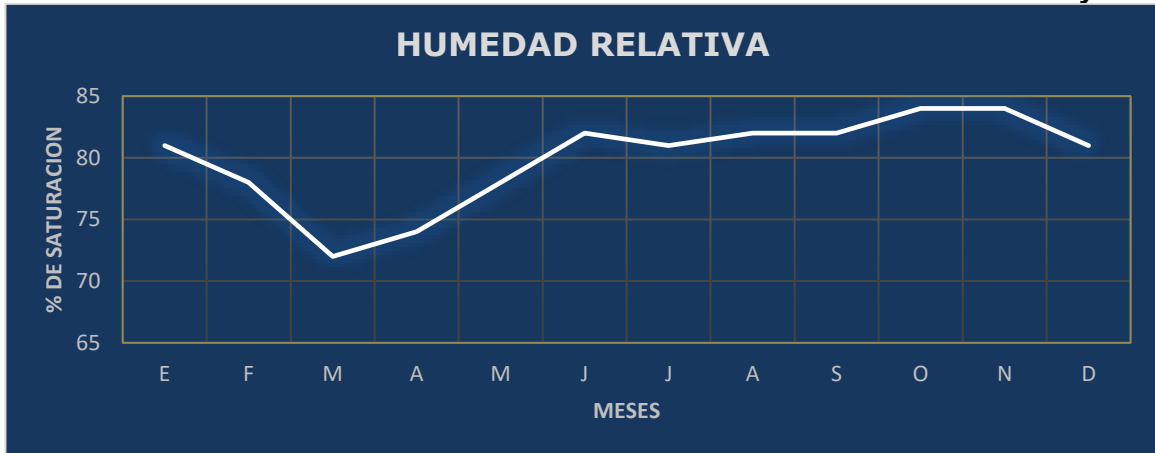


**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

### 5.5.1.4. Humedad Relativa.

La humedad relativa En la figura de abajo se detalla los promedios mensuales, el cual oscila entre 72% en el mes de marzo y 84% en los meses de octubre y noviembre.

**Gráfico16: Distribución de la Humedad Relativa Anualmente en la zona del Proyecto.**

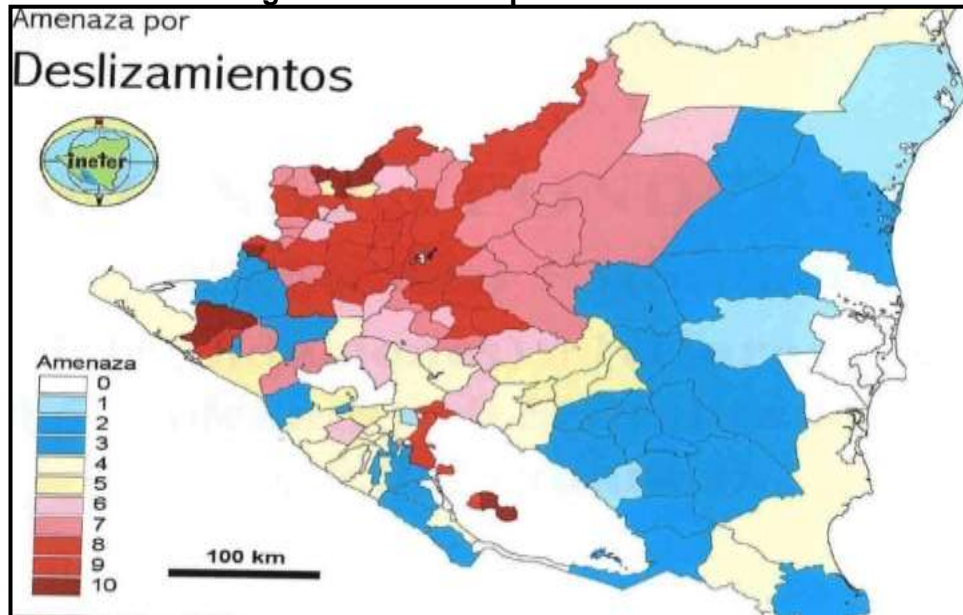


**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

#### 5.5.1.5. Amenaza por Deslizamiento.

De acuerdo con el mapa de Amenazas por deslizamiento de INETER la zona del proyecto se clasifica entre los valores de **8 y 9** siendo alta.

**Imagen 15: Amenaza por Deslizamiento.**



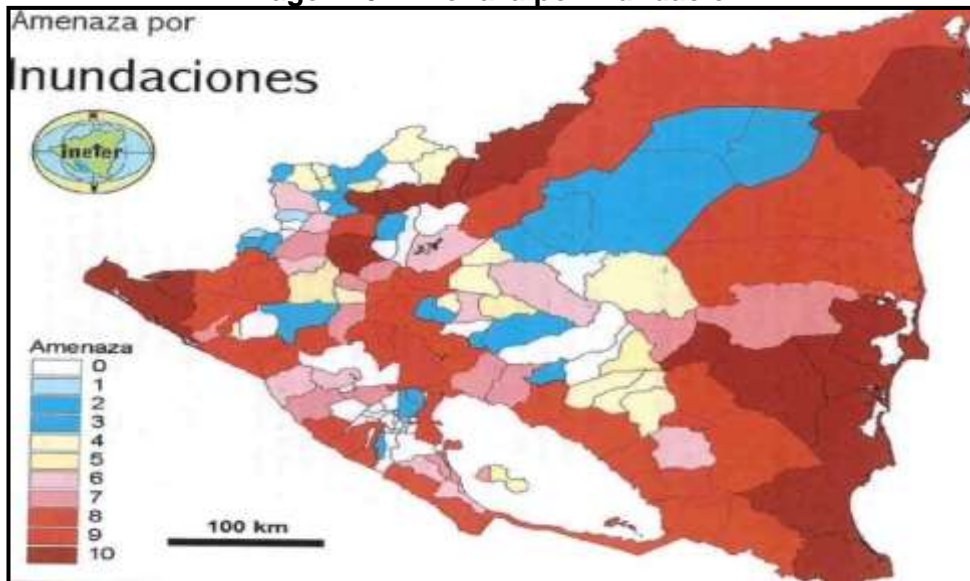
**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

#### 5.5.1.6. Amenaza por Inundación.

De acuerdo con el mapa de Amenazas por inundación de INETER la zona del proyecto obtiene valor de **7**, siendo el más Alto, por la presencia de Cuerpos de agua de importancia como lo es el Río Cuá.



**Imagen 16: Amenaza por Inundación.**

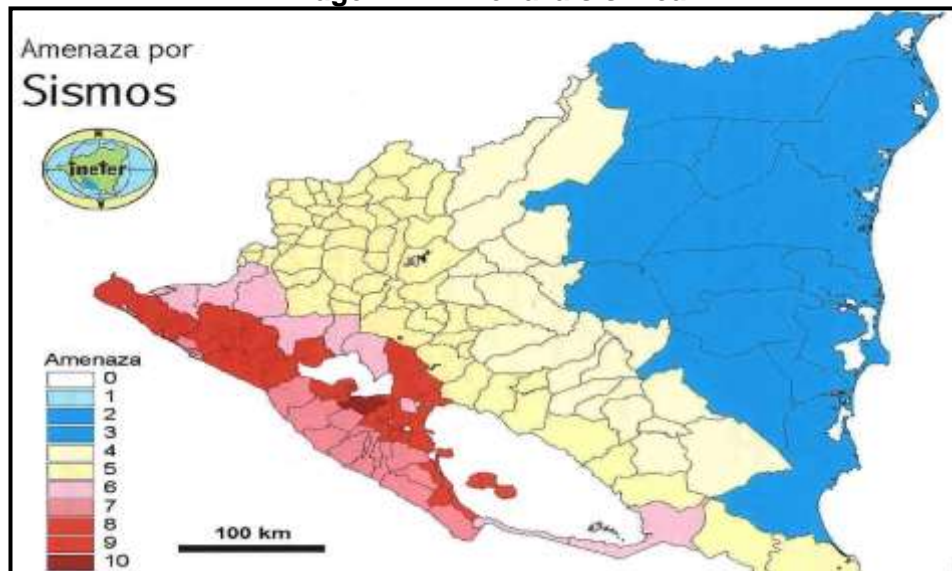


**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

#### **5.5.1.7. Amenaza Sísmica.**

En el área del proyecto presenta un valor de **5** considerado como moderada y es debido a la estabilidad geológica del sitio, tal como se observa en la ilustración de INETER a la derecha.

**Imagen 17: Amenaza sísmica.**



**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

## 5.5.2. Medio Biótico.

### 5.5.2.1. Flora.

El área del proyecto es altamente intervenida donde el tipo de vegetación predominante es la característica de la formación vegetal pastizal con árboles dispersos. En el cuadro de abajo se presentan las especies identificadas.

**Tabla 52: Listado de las Especies Encontradas en la Vegetación Riparia.**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Acetuno	Simarouba glauca
Capirote	Miconia argentea
Capulín	Muntingia calabura
Cornizuelo	Acacia pennatula
Casia Amarilla	Senna siamea
Chilamate	Ficus sp.
Guácimo de Ternero	Guazuma ulmifolia
Guanacaste de Oreja	Enterolobium cyclocarpum
Guarumo	Cecropia peltata
Guayaba	Pisum guajaba
Jícaro	Crescentia alata
Madero Negro	Gliricidia sepium
Malinche	Delonix regia

**Fuente:** Mapa de Ecosistemas, MARENA.

### 5.5.2.2. Fauna Silvestre.

El área del proyecto la fauna predominante fue brindada por Marena en el **Tabla 53** se muestra el Nombre común y su Nombre científico:

**Tabla 53: Lista de Anfibios Encontrados en el Área de Estudio.**

ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Chaunus marinus	Sapo berrugoso
Rhaebohea matiticus	Sapo de montaña
Incilius valliceps	Sapito
Dendropsophus ebraccatus	Rana camuflada
Dendropsophus microcephalus	Rana grillo
Leptodactylus fragilis	Rana labio blanco
Leptodactylus savagie	Rana ternero o toro
Leptodactylus melanonotus	Rana de charco

**Fuente:** Mapa de Ecosistemas, MARENA.

**Tabla 54: Lista de Reptiles Encontrados en el Área del Proyecto.**

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Chelydra acutirostris	Tortuga lagarto
Anolis biporcatus	Anolis verde
Anolis oxylopus	Anolis de Rio
Anolis limifrons	Anolis labio blanco
Anolis cupreus	Anolis papada café
Basiliscus vittatus	Gallego verde
Basiliscus plumifrons	Gallego café
Ameiva festiva	Lagartija pintada
Ameiva undulata	Lagartija pintada
Lepidophyma flavimaculatum	Lagartija duende
Urotheca guentheri	Culebra cola de cristal
Tretanorhinus nigroluteus	Culebra de río o anguila

Fuente: Mapa de Ecosistemas, MARENA.

### 5.5.3. Medio Socioeconómico.

#### 5.5.3.1. Población.

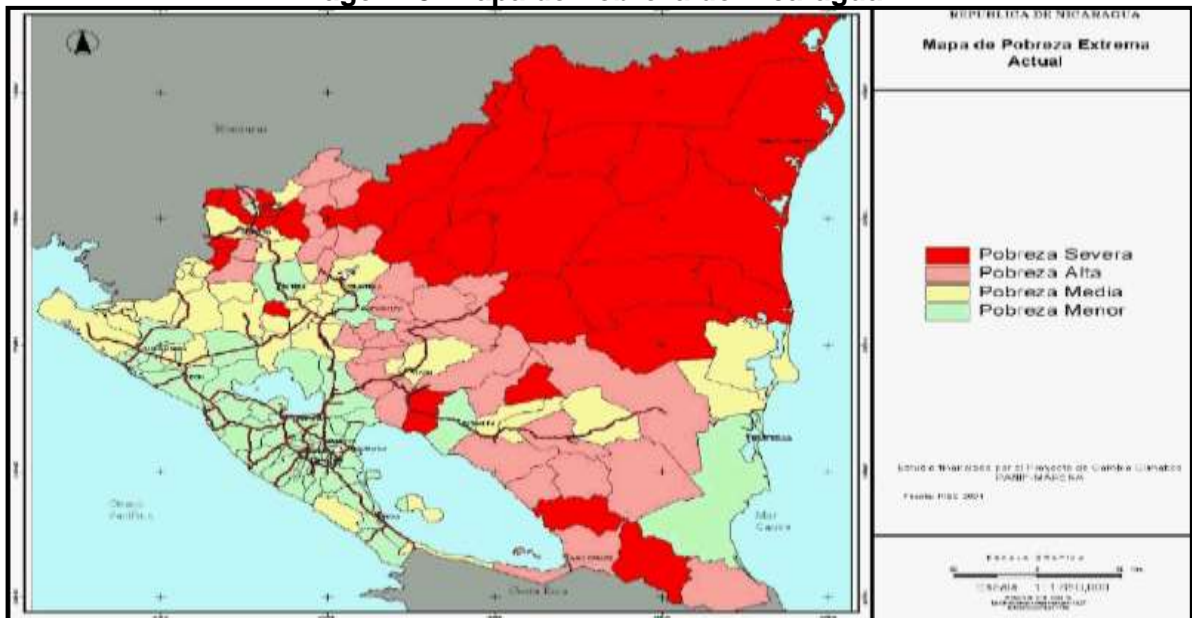
La población de total del área de Influencia es de Directa es de 906 habitantes, de los cuales el 54.75% son de la comunidad San Juan de Tranquera y el 45.25% son de la comunidad El Pedernal. De acuerdo a proyecciones del INIDE en base al censo poblacional 2005.

**Tabla 55: Población Micro Región I.**

Municipio, Barrio, Comarca y Comunidad	Ambos Sexos	Hombre		Mujer		
		Menor de 15 Años	De 15 Años y Más	Menor de 15 Años	De 15 Años y Más	
<b>SAN JUAN DE LIMAY</b>	<b>13 463</b>	<b>2 761</b>	<b>4 014</b>	<b>-</b>	<b>2 616</b>	<b>4 072</b>
<b>Barrio</b>	<b>3 668</b>	<b>643</b>	<b>1 101</b>	<b>-</b>	<b>667</b>	<b>1 257</b>
Adrian Morales	661	123	212		97	229
Silvio Bravo	442	68	132		75	167
Roberto López	390	68	122		60	140
Los Laureles	126	20	35		36	35
Guadalupe Carney	422	81	115		85	141
José Esteban Moncada	559	96	167		101	196
Mario Rodríguez	285	36	102		46	101
Rodolfo Herrera	339	54	106		61	118
Rigoberto Cabezas	367	82	95		88	102
Linda Vista	77	15	15		18	29
<b>Comarca</b>	<b>9 795</b>	<b>2 118</b>	<b>2 913</b>	<b>-</b>	<b>1 949</b>	<b>2 815</b>
<b>Micro Región I</b>	<b>1 939</b>	<b>401</b>	<b>609</b>	<b>-</b>	<b>355</b>	<b>574</b>
La Guaruma	78	17	20		16	25
Las Canarias	233	47	79		36	71
San Juan de la Tronquera	496	92	160		95	149
El Pedernal	410	86	128		76	120
El Orejón	88	14	28		17	29
El Terrero	95	18	33		15	29
Mateare	539	127	161		100	151

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

**Imagen 18: Mapa de Pobreza de Nicaragua**



**Fuente:** Instituto Nicaragüense de Desarrollo, INIDE.

Según la **Imagen 18** El área de proyecto presenta Alto grado de pobreza.

#### 5.5.3.2. Principales Indicadores de Vivienda.

En total existen **108 viviendas** ubicadas en el AID del proyecto, las cuales pertenecen a la **Miro-Región I**. Según el INIDE la situación actual de vivienda se muestra en la **tabla 56**:

**Tabla 56: Principales Indicadores de Vivienda en AID.**

Municipio, Barrio, Comarca y Comunidad	Total Viviendas		Principales Indicadores de Vivienda						
	Particulares	Ocupadas	Pared Inadecuada	Techo Inadecuado	Piso de Tierra	Vivienda Inadecuada	Sin Luz Eléctrica	Sin Agua Potable	Tenencia no Propia
<b>Comarca</b>	<b>460</b>	<b>407</b>	<b>166</b>	<b>7</b>	<b>275</b>	<b>124</b>	<b>219</b>	<b>355</b>	<b>35</b>
<b>Micro Región I</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>4</b>
La Guayma	74	66	40	2	36	25	40	35	5
Las Canoas	114	106	15	-	65	13	19	96	8
San Juan de la Tronquera	84	82	49	-	49	25	66	78	1
El Pedernai	24	17	13	-	15	12	17	17	4
El Oreón	18	18	12	1	16	12	17	18	-

**Fuente:** Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

Según la **tabla 56- pág. 86**, en la comunidad **La Tranquera** existen un total de **84 viviendas** de las cuales el 58.3% poseen piso de tierra, en lo referente al agua potable el 92.8% no cuentan con este servicio y el 78.6% no cuentan con servicio de Luz Eléctrica.



Según la **tabla 56- pág. 86**, en la comunidad **El Pedernal** existen un total de **24 viviendas** de las cuales el 62.5% poseen piso de tierra, en lo referente al agua potable el 70.83% no cuentan con este servicio, ni con servicio de Luz Eléctrica.

### 5.5.3.3. Educación y Salud.

Se identificaron 2 centros escolares de educación primaria ubicados en el AID, según datos de INIDE se contabilizan 92 estudiantes aproximadamente.

**Tabla 57: Centros Escolares identificados en AID.**

Departamento	Municipio	Cod Único	Nombre	Comunidad	Dirección	No. Alumnos
Estelí	San Juan De Limay	11205	Pedernal (Rubén Darío)	El Pedernal	11km Al Noroeste	38
Estelí	San Juan De Limay	11220	Centro Escolar Francisco Calderón	Comunidad Tranqueras	Comunidad Tranqueras De Limay 7km al norte	54
<b>Total</b>						<b>92</b>

**Fuente:** Ministerio de Educación (MINED, Informe 2018).

Solamente existe 1 puesto de salud centro de salud ubicados en el AID, se ubica en la misma comunidad que lleva su nombre **El Pedernal**, y fue construido con el apoyo de La Unión Europea.

**Tabla 58: Centros de Salud identificados en AID.**

Departamento	Municipio	Comunidad	Dirección	No. Médicos	No. Enfermeras
Estelí	San Juan De Limay	El Pedernal	Est. 2+318, 10 metros Izquierda	2	2
<b>Total</b>				<b>2</b>	<b>2</b>

**Fuente:** Ministerio de Salud (MINSA,2017).

## 5.6. Impactos Ambientales y Sociales potenciales del proyecto.

A partir del análisis de los diferentes aspectos del proyecto, se identificaron y valoraron los impactos ambientales positivos y negativos que podrían ser generados durante las diferentes etapas del proyecto de adoquinado del tramo **Empalme de Tranquera - Comunidad El Pedernal (2.5 Kilómetros)**.

Los impactos ambientales y sociales producidos por las diferentes actividades definidas para el proyecto se catalogan según su incidencia al medio y se consideran los factores ambientales que podrían ser afectados, tales como: geomorfología, suelos, agua, clima, amenazas naturales, paisaje, vegetación, fauna, población, equipamiento social, economía, usos del suelo, y afecciones a la población. A continuación, los impactos atribuibles al Proyecto:

**Tabla 59: Matriz de Impactos Positivos (+).**

<b>ETAPA DE PROYECTO</b>	<b>IMPACTOS</b>	<b>NATURALEZA</b>
<b>Estudios y Diseños</b>	Creación de empleo temporal. Generación de información relevante de la zona.	Directo.
<b>Ejecución</b>	Creación de empleo temporal al contratarse mano de obra local durante la ejecución de la carretera.	Directo
<b>Operación y Mantenimiento</b>	Disminución del tiempo de traslado de bienes de consumo y personas entre las diferentes comunidades de la zona.	Directo
	Reducción en el costo de mantenimiento vehicular, debido a mejores condiciones de la vía.	Directo
	Posible aumento del precio terrenos y bienes inmuebles ubicados en el área cercana a la vía.	Indirecto
	Incentivo a la generación de empleo permanente y temporal en las actividades agrícolas y con la producción de ganado, comerciales locales y departamentales.	Indirecto
	Implementación de nuevas ideas de negocios, debido a la mayor demanda de servicios por empresas y personas visitando la zona.	Indirecto
	Mayor acceso a mercados para la comercialización de productos explotados en la zona favorece al clima de inversión nacional y extranjera.	Indirecto
	Mejor acceso a servicios de educación, salud, agua potable, energía eléctrica, telecomunicación y recreación de la población.	Indirecto

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 60: Matriz de Impactos Negativos (-).**

ETAPA DEL PROYECTO.	TIPO DE IMPACTO	MEDIDAS	NATURALEZA
<b>Estudios y Diseños</b>	Accidentes y falsas expectativas a la población	Después de los sondeos en la línea deben a lo inmediato realizar los rellenos de los hoyos.  Los topógrafos deben limitarse a las tareas encomendadas y no mal informar a los pobladores.	Directo
	Accidentes o Conflictos laborales	Disponer de equipos contingentes tales como extintores, arena y agua.  Dotar a los trabajadores con sus equipos de protección personal, según su actividad laboral.  Instalación de letrinas.	Directo
<b>Ejecución</b>	Habrà molestias a la población local por interrupción del paso peatonal o vehicular a sus viviendas o salida de la misma	Construcción de accesos temporales.	Directo
	Retraso temporal por el desvío al tráfico.	Hacer desvíos bien habilitados para la fácil y rápida circulación vehicular.  En cuanto a vehículos autorizados como Ambulancia, Bomberos, Policía, etc., despejar la vía y darles prioridad en su paso.	Indirecto
	Reducción temporal de ingresos de los propietarios de negocios ubicados cerca de la vía.	Facilitar el fluido del tráfico vehicular, a través de los desvíos temporales y accesos a los negocios	Indirecto
	Generación de Polvo y Ruido por movimiento de maquinarias y ejecución de	Realizar riegos con agua en lugares de trabajo y áreas pobladas.	Directo

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 61: Matriz de Impactos Negativos (-).**

ETAPA DEL PROYECTO.	TIPO DE IMPACTO	MEDIDAS	NATURALEZA
<b>Ejecución</b>	obras civiles.	Dotar a los trabajadores con sus equipos de protección personal, según su actividad laboral.	Directo
	Uso excesivo del agua para las obras.	No utilizar agua potable para el riego de la vía o la ejecución de obras.  No permitir el derroche de agua por parte de los trabajadores.	Directo
	Accidentes laborales y con terceros	Colocación de señales preventivas e informativas en lugares de trabajo. También dotar a los trabajadores de su equipo de seguridad personal. Implementación de Talleres de Higiene y Seguridad Ocupacional	Directo
<b>Operación y Mantenimiento</b>	Incremento del índice de accidentalidad debido a la mayor cantidad y velocidad de los automóviles circulando en la vía, durante la etapa de operación.	Señalización vial adecuada en los Centros Escolares, en lugares de recreación y de concentración social de la población. Escuelas, iglesias, cementerios, entre otros. Implementación de Talleres de Educación Vial	Directo

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

En la tabla se especifican cada una de las etapas a abordar en la evaluación ambiental de este proyecto vial:

**Tabla 62: Etapas del Proyecto.**

<b>Etapa</b>	<b>Actividad</b>
<b>Construcción</b>	Preliminares
	Movimiento de Tierra
	Explotación del Banco
	Transporte de relleno y compactación de materiales
	Conformación de Estructura de Pavimento
	Construcción de Obras de Drenaje Menor
	Desecho de material excedente
	Limpieza Final
<b>Operación</b>	Incremento del Tráfico
	Mantenimiento de la vía

*Fuente: Elaboración por Sustentantes.*

### **5.7. Matriz de Caracterización del Proyecto.**

Para realizar lo antes descrito se utilizará una matriz de Impacto del tipo **Causa-Efecto** que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las Filas los Factores Medio Ambientales susceptibles a recibir impacto.

Esta matriz permitirá identificar prevenir y comunicar los efectos del Proyecto en el Medio para posteriormente valorarlos. Una vez identificadas la acciones y Factores del Medio que serán afectados se realiza la Matriz de importancia la cual nos permitirá obtener una valoración al nivel requerido. Esta valoración se efectuará a partir de una matriz de impacto y lo que se tomara en cuenta es:

- Naturaleza del impacto: positiva o negativa.
- Intensidad: grado de daño o beneficio del impacto.
- Extensión: superficie del impacto sobre el territorio
- Momento: plazo de manifestación del impacto en el tiempo
- Persistencia: permanencia del impacto

- Reversibilidad: Posibilidad de volver a la situación pre impacto.
- Sinergia: regularidad de la Manifestación.
- Acumulación: niveles de incremento progresivo del impacto
- Efecto: nivel de la relación del impacto con otras situaciones impactantes.
- Periodicidad: regularidad de la manifestación).
- Recuperabilidad: Reconstrucción por Medios Humanos.

Simultáneamente las matrices de Causa-Efecto y de Importancia permitieran describir las principales características del proyecto estudiado, analizando las actividades que potencialmente pueden generar impactos sobre el medio ambiente del área de Influencia del mismo.

Las matrices permitieron posteriormente cruzar la información anterior entre proyecto y estado inicial del medio, obteniendo como resultado la identificación de los cambios de las cualidades o atributos de los componentes del medio ambiente local (efectos ambientales, positivos o negativos), sobre la base de relaciones causa-efecto. A partir de allí se procedió a valorar los impactos ambientales.

Para la evaluación de los impactos se estructuró una matriz que permitió asignar valores a cada situación según sus atributos o características, tales como intensidad o grado de beneficio o daño, extensión o superficie física de expresión de la afectación, momento de su manifestación y niveles de reversibilidad del mismo, entre otras.

Para obtener un valor cuantitativo de la importancia del impacto se hizo uso de la siguiente Fórmula:

$$I = +/-(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) \quad (\text{Ec. 18})$$

**Dónde:**

I: Intensidad	SI: Sinergia
EX: Extensión	AC: Acumulación
MO: Momento	EF: Efecto
PE: Persistencia	PR: Periodicidad
RV: Reversibilidad	MC: Recuperabilidad

**Tabla 63: Características cualitativas de los efectos.**

Naturaleza			Intensidad (I) (Grado de Destrucción)	
Impacto beneficioso	(+)		Baja	1
Impacto perjudicial	(-)		Media	2
			Alta	4
			Muy alta	8
			Total	12
Extensión (EX) (Área de influencia)			Momento (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1		Largo plazo	1
Parcial	2		Medio plazo	2
Extenso	4		Inmediato	4
Total	8		Critico	(+4)
Critica	(+4)			
Persistencia (PE) (Permanencia del Efecto)			Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1		Corto Plazo	1
Temporal	2		Medio Plazo	2
Permanente	4		Irreversible	4
Sinergia (SI) (Regularidad de la Manifestación)			Acumulación (AC) (Incremento Progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1		Simple	1
Sinérgico	2		Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4			
Efecto (EF) (Relación Causa - Efecto)			Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto (secundario)	1		Irregularidad o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4		Periódico	2
			Continuo	4
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por Medios Humanos)			Importancia (I)	
Recuperabilidad de manera inmediata	1		$I = +-(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Recuperable a medio plazo	2			
Mitigable	4			
Irrecuperable	8			

**Fuente:** Conesa Fdez, 2010.

**Tabla 64: Identificación de Impactos Negativos durante las etapas del proyecto.**

Matriz Causa -Efecto de Impactos Negativos.												
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción.								Etapa: Operación.		
		Preliminares	Movimiento de Tierra	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Conformación de Estructura de Pavimento	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Desecho de material excedente	Limpieza Final	Incremento del Tráfico	Aumento de la accesibilidad	Mantenimiento de la vía
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
CALIDAD DEL AIRE	M1	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
RUIDOS Y VIBRACIONES	M2	X	X	X	X	X	X		X	X		
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3	X	X	X								
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M4		X		X		X					
SUELO	M5	X	X	X		X		X				X
VEGETACIÓN	M6	X	X	X								X
FAUNA	M7	X	X	X	X					X		
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M8		X		X							
ESPACIOS PÚBLICOS	M9											
PAISAJE	M10			X	X			X				
SALUD	M11		X		X			X	X			
CALIDAD DE VIDA	M12											
ECONOMIA	M13											

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.



**Tabla 65: Identificación de Impactos Positivos durante las etapas del proyecto.**

Matriz Causa -Efecto de Impactos Positivos.												
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción.								Etapa: Operación.		
		Preliminares	Movimiento de Tierra	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Conformación de Estructura de Pavimento	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Desecho de material excedente	Limpieza Final	Incremento del Tráfico	Aumento de la accesibilidad	Mantenimiento de la vía
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
CALIDAD DEL AIRE	M1											
RUIDOS Y VIBRACIONES	M2											
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3											
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M4						X		X			
SUELO	M5											
VEGETACIÓN	M6											
FAUNA	M7											
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M8					X	X				X	
ESPACIOS PÚBLICOS	M9											
PAISAJE	M10					X	X		X		X	X
SALUD	M11					X					X	X
CALIDAD DE VIDA	M12					X	X		X	X	X	X
ECONOMIA	M13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 66: Valoración de Impactos Negativos durante las etapas del proyecto.**

Matriz de Importancia (Impactos Negativos)													
IMPACTOS	ETAPAS: Construcción Operación												
	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Importancia	*Valor Máximo de Importancia
	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	SUMA	
C1M1	-1	1	2	2	2	1	1	1	4	1	1	-20	100
C1M2	-1	1	2	2	2	1	1	1	4	1	1	-20	100
C1M3	-1	1	2	4	2	1	2	1	4	1	2	-24	100
C1M5	-1	1	2	4	2	4	1	2	4	2	4	-30	100
C1M6	-1	2	2	4	2	2	2	4	4	2	2	-32	100
C1M7	-1	1	2	4	2	2	2	4	4	2	2	-29	100
C2M1	-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	2	-29	100
C2M2	-1	2	2	2	2	1	4	1	4	1	1	-26	100
C2M3	-1	4	4	4	2	2	2	1	4	1	1	-37	100
C2M4	-1	1	2	2	1	1	2	1	4	1	1	-20	100
C2M5	-1	4	4	4	4	1	2	4	4	1	1	-41	100
C2M6	-1	2	4	4	2	2	4	1	4	1	2	-34	100
C2M7	-1	2	4	4	2	2	4	1	4	1	2	-34	100
C2M8	-1	1	4	2	2	1	1	1	4	2	1	-25	100
C2M11	-1	4	4	4	2	1	2	1	4	1	2	-37	100
C3M1	-1	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
C3M2	-1	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
C3M3	-1	4	4	2	1	1	2	1	4	1	1	-33	100
C3M5	-1	4	2	4	4	1	2	4	4	1	1	-37	100
C3M6	-1	4	2	4	2	2	4	1	4	1	2	-36	100
C3M7	-1	2	2	4	2	2	4	1	4	1	2	-30	100
C3M10	-1	2	2	2	2	2	2	1	4	1	2	-26	100
C4M1	-1	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	-26	100
C4M2	-1	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
C4M4	-1	1	2	2	1	1	2	1	4	1	1	-20	100
C4M7	-1	2	4	4	2	2	4	1	4	1	2	-34	100
C4M8	-1	1	4	2	2	1	1	1	4	2	1	-25	100
C4M10	-1	1	2	4	1	1	1	1	4	2	1	-22	100
C4M11	-1	1	2	2	1	1	2	1	4	1	1	-20	100
C5M1	-1	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
C5M2	-1	1	2	4	2	1	1	1	4	2	1	-23	100
C5M5	-1	1	4	4	2	1	2	1	4	1	1	-27	100
C6M1	-1	1	1	4	1	1	4	1	4	1	2	-23	100
C6M2	-1	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
C6M4	-1	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2	-28	100
C7M1	-1	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	-26	100
C7M5	-1	4	2	4	2	2	4	1	4	1	2	-36	100
C7M10	-1	4	2	4	2	1	2	1	4	1	1	-32	100
C7M11	-1	1	2	2	1	1	2	1	4	1	1	-20	100
C8M1	-1	1	1	2	2	1	2	1	4	1	1	-19	100
C8M2	-1	1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	-20	100
C8M11	-1	1	2	2	1	1	2	1	4	1	1	-20	100
C9M1	-1	1	2	2	1	1	1	1	4	1	1	-19	100
C9M2	-1	1	2	2	2	1	2	1	4	1	2	-22	100
C9M7	-1	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	-20	100
C11M1	-1	1	1	2	2	1	2	1	4	1	1	-19	100
C11M5	-1	1	2	2	2	2	2	1	4	1	1	-22	100
C11M6	-1	1	2	2	2	2	2	1	4	1	1	-22	100

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 67: Valoración de Impactos Positivos durante las etapas del proyecto.**

<i>Matriz de Importancia (Impactos Positivos)</i>													
<i>IMPACTOS</i>	<i>ETAPAS: Construcción y Operación</i>												
	<i>Naturaleza</i>	<i>Intensidad</i>	<i>Extensión</i>	<i>Momento</i>	<i>Persistencia</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Sinergia</i>	<i>Acumulación</i>	<i>Efecto</i>	<i>Periodicidad</i>	<i>Recuperabilidad</i>	<i>Importancia</i>	<i>*Valor Máximo de Importancia</i>
	<i>SIGNO</i>	<i>I</i>	<i>EX</i>	<i>MO</i>	<i>PE</i>	<i>RV</i>	<i>SI</i>	<i>AC</i>	<i>EF</i>	<i>PR</i>	<i>MC</i>	<i>SUMA</i>	
C1M13	1	1	2	4	2	2	4	1	4	1	2	27	100
C2M13	1	1	4	4	2	2	4	1	4	1	2	31	100
C3M13	1	1	2	4	2	2	4	1	4	1	2	27	100
C4M13	1	1	4	4	2	2	4	1	4	1	2	31	100
C5M8	1	12	8	4	4	2	4	4	4	4	2	80	100
C5M10	1	4	8	4	4	2	4	1	4	1	4	52	100
C5M11	1	2	2	2	2	2	2	1	4	1	2	26	100
C5M12	1	4	4	4	2	2	4	1	4	1	2	40	100
C5M13	1	8	4	4	2	2	4	1	4	2	2	53	100
C6M4	1	8	4	4	2	2	4	1	4	2	2	53	100
C6M8	1	8	8	4	4	2	4	4	4	1	2	65	100
C6M10	1	4	4	4	2	2	4	1	4	1	2	40	100
C6M12	1	4	4	4	2	2	4	1	4	1	2	40	100
C6M13	1	4	8	4	2	2	4	1	4	1	2	48	100
C7M13	1	2	2	4	2	2	4	1	4	1	2	30	100
C8M4	1	4	4	4	2	2	4	1	4	1	2	40	100
C8M9	1	4	4	4	2	2	4	1	4	1	2	40	100
C8M12	1	4	4	4	2	2	4	1	4	1	2	40	100
C8M13	1	4	4	4	2	2	4	1	4	4	2	43	100
C9M12	1	8	8	4	4	2	4	1	4	4	2	65	100
C9M13	1	8	8	4	4	4	4	2	4	4	4	70	100
C10M8	1	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	60	100
C10M10	1	4	8	4	4	4	1	2	4	2	1	50	100
C10M11	1	4	8	4	4	4	1	2	4	2	1	50	100
C10M12	1	8	8	4	4	4	4	2	4	2	1	65	100
C10M13	1	8	8	4	4	4	4	2	4	4	4	70	100
C11M10	1	2	8	4	2	2	4	1	4	1	2	42	100
C11M11	1	2	4	4	2	2	4	1	4	2	2	35	100
C11M12	1	2	8	4	2	2	4	1	4	1	2	42	100
C11M13	1	2	4	4	2	2	4	1	4	1	2	34	100

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 68:** Matriz Causa-Efecto para Impactos Negativos.

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS															
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción.								Etapa: Operación.					
		Acciones Impactantes del proyecto.													
		Preliminares	Movimiento de Tierra	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Conformación de Estructura de Pavimento	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Desecho de material excedente	Limpieza Final	Incremento del Tráfico	Aumento de la accesibilidad	Mantenimiento de la vía	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11			
CALIDAD DEL AIRE	M1	-20	-29	-22	-26	-22	-23	-26	-19	-19		-19	-225	1000	-23
RUIDOS Y VIBRACIONES	M2	-20	-26	-22	-22	-23	-22		-20	-22			-177	800	-22
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3	-24	-37	-33									-94	300	-31
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M4		-20		-20		-28						-68	300	-23
SUELO	M5	-30	-41	-37		-27		-36				-22	-193	600	-32
VEGETACION	M6	-32	-34	-36								-22	-124	400	-31
FAUNA	M7	-29	-34	-30	-34					-20			-147	500	-29
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M8		-25		-25								-50	200	-25
ESPACIOS PUBLICOS	M9												0	0	0
PAISAJE	M10			-26	-22			-32					-80	300	-27
SALUD	M11		-37		-20			-20	-20				-97	400	-24
CALIDAD DE VIDA	M12												0	0	0
ECONOMIA	M13												0	0	0
Valor Medio de Importancia		-26													
Dispersión Típica		6											-1255		
Valor de la Alteración		-155	-283	-206	-169	-72	-73	-114	-59	-61	0	-63	-1255	4800	
Máximo Valor de Alteración		600	900	700	700	300	300	400	300	300	0	300		4800	-26
Grado de Alteración		-26	-31	-29	-24	-24	-24	-29	-20	-20	0	-21			-26

*Fuente:* Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 69: Matriz Causa-Efecto para Impactos Positivos.**

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS															
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción								Etapa: Operación.					
		Acciones Impactantes del proyecto.													
		Preliminares	Movimiento de Tierra	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Conformación de Estructura de Pavimento	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Desecho de material excedente	Limpieza Final	Incremento del Tráfico	Aumento de la accesibilidad	Mantenimiento de la vía	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11			
CALIDAD DEL AIRE	M1												0	0	0
RUIDOS Y VIBRACIONES	M2												0	0	0
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3												0	0	0
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M4						53		40				93	200	47
SUELO	M5												0	0	0
VEGETACION	M6												0	0	0
FAUNA	M7												0	0	0
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M8					80	65				60		205	300	68
ESPACIOS PUBLICOS	M9												0	0	0
PAISAJE URBANO	M10					52	40		40		50	42	224	500	45
SALUD	M11					26					50	35	111	300	37
CALIDAD DE VIDA	M12					40	40		40	65	65	42	292	600	49
ECONOMIA	M13	27	31	27	31	53	48	30	43	70	70	34	464	1100	42
Valor Medio de Importancia		46													
Dispersión Típica		15											1389		
Valor de la Alteración		27	31	27	31	251	246	30	163	135	295	153	1389	3000	
Máximo Valor de Alteración		100	100	100	100	500	500	100	400	200	500	400		3000	46
Grado de Alteración		27	31	27	31	50	49	30	41	68	59	38			46

*Fuente: Elaboración por Sustentantes.*

La valoración de los Impactos Positivos y Negativos, en la Etapa de construcción y Operación, se hicieron teniendo en cuenta los siguientes rangos:

**Tabla 70: Valor de Impacto (VI).**

Color	Valor del impacto (VI)	
	Impactos Críticos	VI > 43
	Impactos Moderados	28 < VI < 43
	Impactos Irrelevantes	VI ≤ 28

**Fuente:** Conesa Fdez, 2010.

A continuación, en la **Tabla 71** se muestra el resumen de Impactos Negativos generados durante la Etapa Construcción y Operación. De los cuales el 33% serán moderados y el 67% serán irrelevantes.

**Tabla 71: Resumen de Impactos (Negativos).**

Color	Impactos Negativos	% Impactos Negativos	Valor del impacto (VI)	
	0	0%	Impactos Críticos	VI > 43
	16	33%	Impactos Moderados	28 < VI < 43
	32	67%	Impactos Irrelevantes	VI ≤ 28
<b>Total</b>	48	100%		

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

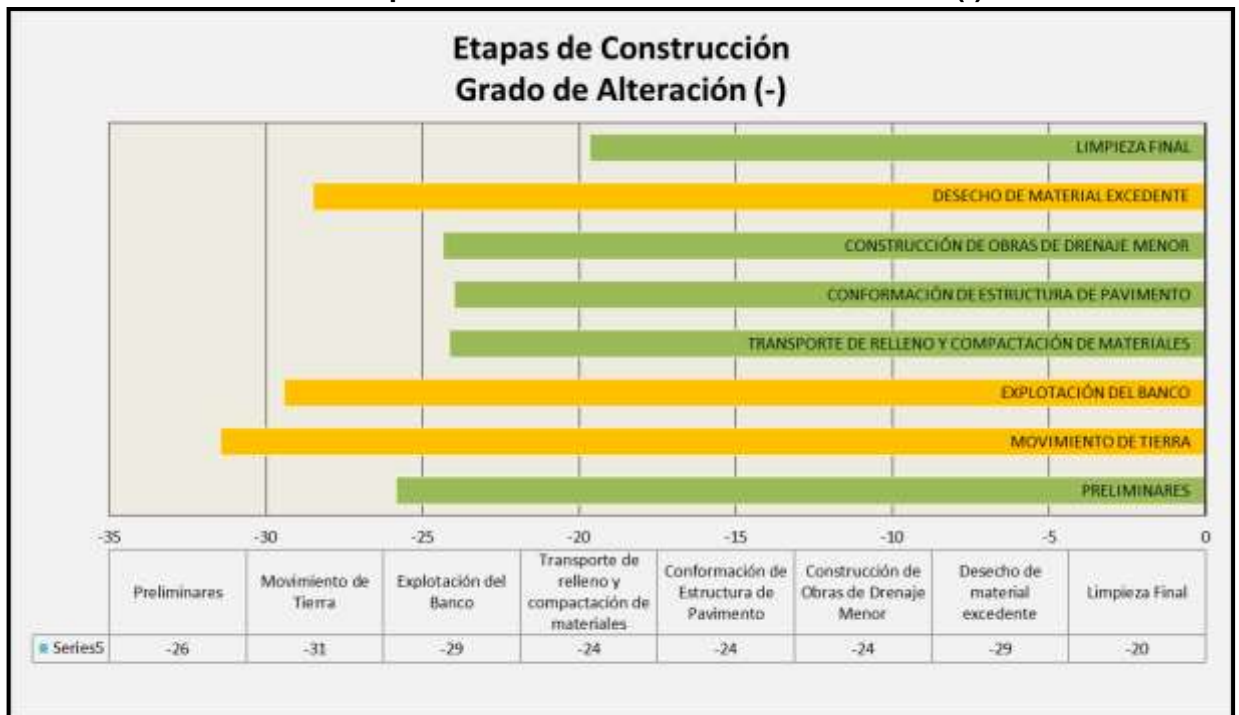
A continuación, en el **Tabla 72** se muestra el resumen de Impactos Positivos generados durante la Etapa Construcción y Operación. De los cuales el 43% serán de buen impacto y el 47% serán moderados.

**Tabla 72: Resumen de Impactos (Positivos).**

Color	Impactos Positivos	% Impactos Positivos	Valor del impacto (VI)	
	13	43%	Impactos Críticos	VI > 43
	14	47%	Impactos Moderados	28 < VI < 43
	3	10%	Impactos Irrelevantes	VI ≤ 28
<b>Total</b>	30	100%		

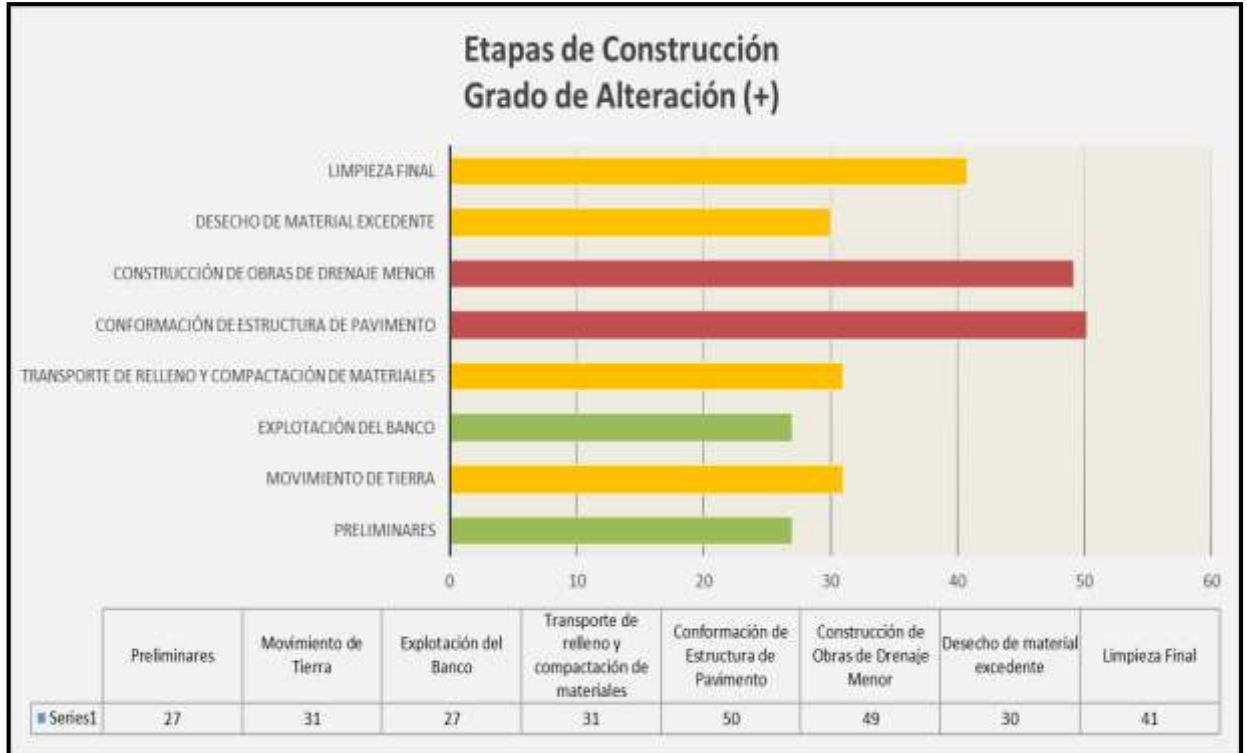
**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Gráfico 17: Etapa de construcción Grado de Alteración (-).**



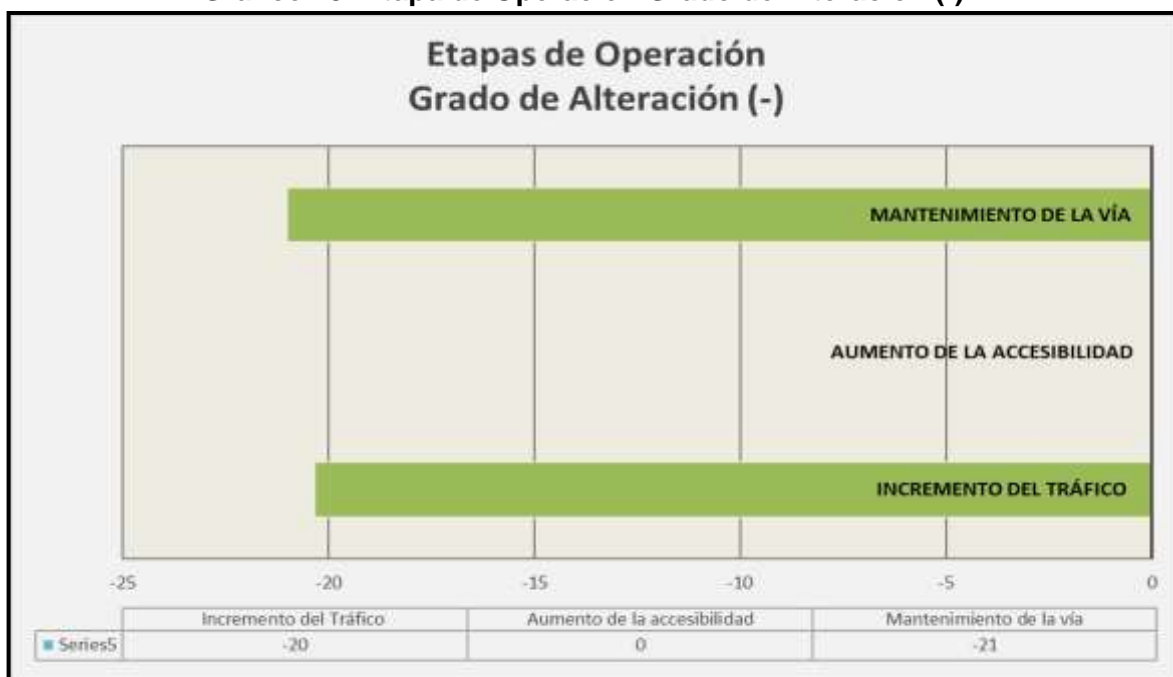
*Fuente: Elaboración por Sustentantes.*

**Gráfico 18: Etapa de construcción Grado de Alteración (+).**



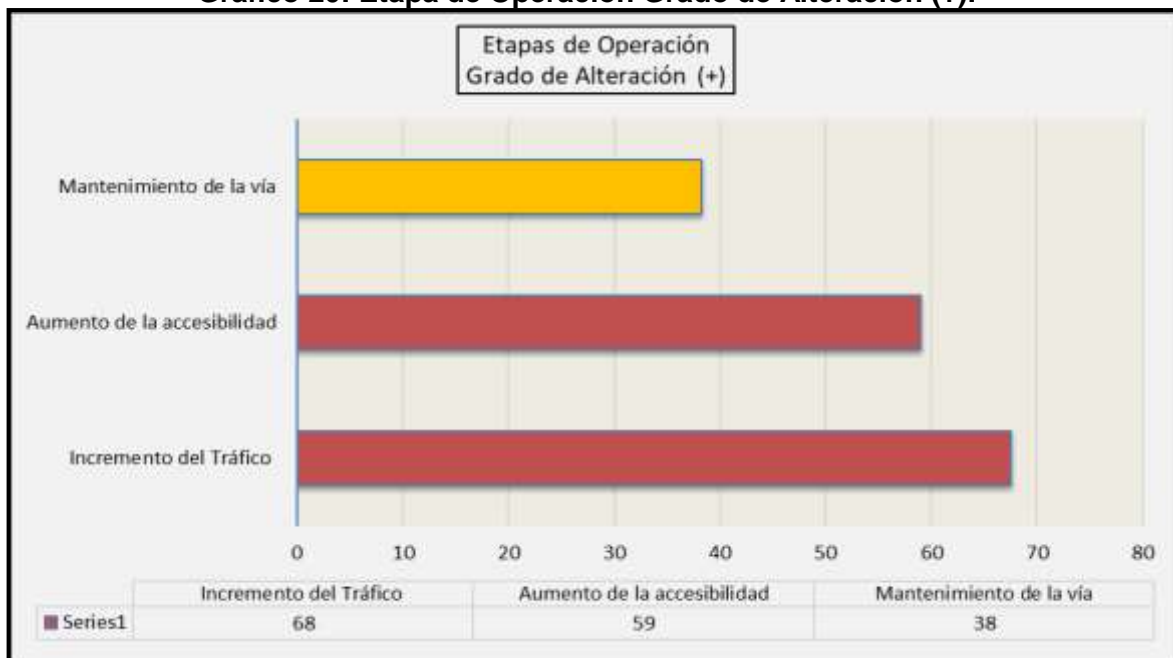
*Fuente: Elaboración por Sustentantes.*

**Gráfico 19: Etapa de Operación Grado de Alteración (-).**



*Fuente: Elaboración por Sustentantes.*

**Gráfico 20: Etapa de Operación Grado de Alteración (+).**



*Fuente: Elaboración por Sustentantes.*



## **5.8. Medida Preventivas y Correctivas.**

El Plan de Gestión Ambiental para el **Proyecto de Mejoramiento del tramo Empalme de Tranquera - Comunidad El Pedernal (2.5 Kilómetros)**, es un instrumento básico de gestión ambiental importante en la etapa de las valoraciones ambientales, aquí se establecen las estrategias generales de ejecución de obras y del monitoreo para la protección ambiental. El Plan de Gestión Ambiental contribuye a que las medidas ambientales propuestas se ejecuten para la reducción de los impactos negativos; considerando que durante el proceso de implementación estará sujeto a modificaciones de acuerdo con el desarrollo de actividades de obras.

La implementación del Plan de Gestión Ambiental, requiere de la participación de los diferentes actores relacionados al proyecto, entre ellos: el ejecutor de las obras, la supervisión, el Ministerio de Transporte e Infraestructura, las Municipalidades correspondientes, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, el Instituto Nacional Forestal, el Ministerio de Energía y Mina, entre otros.

Forman parte del PGA los Sub-Planes de Gestión Ambiental o específicos que ayuden a la prevención y mitigación de impactos ambientales negativos causados por las acciones del proyecto; así como la puntualización del Plan de Monitoreo y Seguimiento Ambiental, y la estimación de los costos ambientales.

A continuación, se presenta el Plan de Gestión Ambiental del Proyecto:

**Tabla 73: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.**

DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS	FACTOR(ES) AMBIENTAL(ES) IMPACTADO(S)	IMPACTO A MITIGAR	ETAPA A REALIZARSE	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE GESTIÓN DE LA MEDIDA
<p>Después de los sondeos en la línea deben a lo inmediato realizar los rellenos de los hoyos.</p> <p>Los topógrafos deben limitarse a las tareas encomendadas y no mal informar a los pobladores.</p>	Laboral y Social	<p>Accidentes de usuarios del camino.</p> <p>Conflicto con la comunidad.</p>	Etapa de preinversión.	\$ Incorporarlos dentro de la ejecución de los Estudios.	MTI y Firma Consultora
<p>Los desvíos temporales tienen que estar bien habilitados para fácil y rápida circulación vehicular y no causar molestias innecesarias a los usuarios.</p> <p>Para evitar el estancamiento del tráfico vehicular, hay que ubicar señales de tránsito, que orienten con suficiente anticipación los obstáculos en la vía e indique correctamente las vías alternas a seguir.</p> <p>Señalización de las áreas de trabajo.</p> <p>En cuanto a vehículos autorizados como Ambulancia, Bomberos, Policía, etc., despejar la vía y darles prioridad en su paso.</p>	Social	<p>Retraso temporal por el desvío al tráfico.</p> <p>Habrà molestias a la población local por interrupción del paso peatonal o vehicular a sus viviendas o salida de la misma.</p>	Etapa de Ejecución o Construcción	\$ Incorporarlos dentro de la ejecución del Proyecto.	MCA y MTI

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 74: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.**

DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS	FACTOR(ES) AMBIENTAL(ES) IMPACTADO(S)	IMPACTO A MITIGAR	ETAPA A REALIZARSE	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE GESTIÓN DE LA MEDIDA
<p>El Ejecutor está obligado en regar con agua, al menos dos veces, aquellos sitios donde se esté generando polvo, principalmente en lugares de trabajo y áreas pobladas o centros públicos.</p> <p>Esta actividad la ejecutará haciendo uso de una cisterna.</p> <p>El Polvo podría generar aumento en las enfermedades respiratorias.</p> <p>Dotar a los trabajadores con sus equipos de protección personal, según su actividad laboral.</p> <p>Instalación de señales para regulación del tráfico vehicular, principalmente en aquellos sitios de trabajo. Habrá riesgo e inseguridad poblacional y laboral si no utilizamos</p>	Suelo, Aire, Laboral y conflicto Social.	<p>Accidentes y conflictos laborales.</p> <p>El polvo y sus consecuencias.</p>	Etapas de Ejecución o Construcción.	<p>\$ Incorporarlos dentro de la ejecución del Proyecto.</p> <p>\$ Ellos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Renta de cisterna y Riego con agua para mitigar el polvo.</li> <li>- Adquisición de equipos de protección laboral: Cascos de protección, Guantes, botas, máscaras antipolvo, etc.</li> </ul> <p>\$ Instalación de señales preventivas, restrictivas e informativas. Asegurar áreas de trabajo.</p>	MCA.

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 75: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.**

DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS	FACTOR(ES) AMBIENTAL(ES) IMPACTADO(S)	IMPACTO A MITIGAR	ETAPA A REALIZARSE	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE GESTIÓN DE LA MEDIDA
El personal que trabajará bajando adoquines de la rastra y colocando adoquines en el rodamiento estarán expuesto a riesgos, ellos son: por golpes, machucones, muerte, daños a su salud, otras.	Social: Laboral y salud	Accidentes laborales y con terceros	Etapa de Ejecución o Construcción.	\$ Incorporarlos dentro de la ejecución del Proyecto.	MCA y MTI
Tomar las medidas de seguridad para evitar accidentes por derrumbes de zanjás.	Social: Laboral y salud	Accidentes laborales y con terceros	Etapa de Ejecución o Construcción.	\$ Los costos deben venir incorporados en el Proyecto.	MCA y MTI
Habrà generación de desechos sólidos provocados por la construcción; tales como material suelo como sobrante de los cortes y rellenos (movimiento de tierra), Se generará basura resultante de la construcción, tales como: bolsas de cementos, bolsas plásticas, ripios de maderas, desperdicios de bloques, piedras, barriles viejos, ripios de hierros, desperdicios de zinc, otros.  Manejo adecuado de la basura y desechos sólidos.	Suelo, Calidad del aire y Social	Generación de desechos.	Etapa de Ejecución o Construcción.	\$ Incorporarlos dentro de la ejecución del Proyecto.	MCA y MTI

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

**Tabla 76: Plan de Gestión Ambiental del Proyecto.**

DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS	FACTOR(ES) AMBIENTAL(ES) IMPACTADO(S)	IMPACTO A MITIGAR	ETAPA A REALIZARSE	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE GESTIÓN DE LA MEDIDA
Generación de polvo y ruido provocados por construcción de las obras, el movimiento de tierra, otros. Todos los trabajadores tendrán la obligación de utilizar sus equipos de protección personal para su seguridad. El MCA proporcionará los equipos de protección necesarios y en buenas condiciones de funcionamiento.	Suelo, Calidad del aire Seguridad poblacional y laboral.	Ruido y polvo. Conflicto y accidentes laborales por falta de Señalización preventiva, informativa y restrictiva en las áreas de trabajo.  Posible atropellamiento con el peatón o colisiones que medios rodantes durante el transporte de materiales de construcción, el paso de los camiones, etc.	Etapa de Ejecución o Construcción.	\$ Incorporarlos dentro de la ejecución del Proyecto.	MTI
Señalización vial adecuada en los Centros Escolares, en lugares de recreación y de concentración social de la población. Escuelas, iglesias, cementerios, entre otros.	Seguridad poblacional.	Incremento del índice de accidentalidad debido a la mayor cantidad y velocidad de los automóviles circulando en la vía, durante la etapa de operación. Incremento del índice de accidentalidad debido a la mayor cantidad y velocidad de los automóviles circulando en la vía, durante la etapa de operación.	Etapa de Funcionamiento.	\$ Incorporarlos dentro de la ejecución del Proyecto.	MCA y MTI
Durante las etapas de funcionamiento y mantenimiento se desarrollarán actividades importantes que provocan impactos ambientales negativos, y son: el incremento de los accidentes vehicular.	Seguridad Laboral y poblacional.	Inseguridad laboral e inseguridad poblacional.	Etapa de Funcionamiento y Mantenimiento.	\$ Los costos deben venir incorporados en el Proyecto.	MTI

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes.

## CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados inicialmente se ha concluido que:

Para la proyección del **tráfico** se utilizó la estación de corta duración (ECD-142 Empalme San Nicolás- Estelí) obteniendo una tasa de crecimiento del 4.10%, dato alcanzado mediante las correlaciones del TDPA Vs PIB, TPDA Vs Población utilizando las variables de las tasas de crecimiento históricas desde el año 2005 al año 2017.

Una vez determinada la tasa de crecimiento y factor de crecimiento  $FC=20.18$  se procede a realizar el cálculo del tránsito de diseño  $TD= 1,263,242.000$  para posterior calcular el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) de 587,543.00 en un periodo de 15 años trabajando con un  $Po=4.2$ ,  $pt=2.0$ ,  $\Delta psi=2.2$  y un  $SN=5$ .

En el **Estudio Geotécnico** se analizaron un total de 11 sondeos manuales con profundidades máximas de 1.50 metros los cuales evidencian que superficialmente existe una capa de rodamiento de 13 a 30 cm de espesor. Los suelos por debajo de la línea de subrasante están compuestos en su mayoría de grava arena y arena del tipo A-1-a y A-2-4, son tipos de suelo de regular calidad para ser utilizados como subrasante. El cálculo del CBR de la Sub- Rasante resulto de **17.8%**, este cálculo se realizó tomando un percentil de 75%.

Se concluye que los 2 bancos de préstamos identificados para este proyecto de adoquinado, de acuerdos a la sección II del Artículo 1003.23 de la NIC 2000, cumplen como fuente de material para ser utilizado como Subbase granular, aunque no cumplen para ser usados como base. Para base se utilizó **el banco No. 2(Manuel Santamaría)** para base estabilizándolo con un 6% de cemento portland, ya que este obtuvo una resistencia a compresión de 21.35 kg/cm<sup>2</sup> por encima del mínimo recomendado por la NIC-2000.

En el **Diseño de Pavimento** se utilizó el conjunto de datos calculados anteriormente como lo son ESAL'S 587,543.00, CBR de diseño de 17.8%, MRsub-rasante=12,696.4 psi, MRbase= 57,000 psi, MRSubbase= 17,000 psi  $a_1=0.45$ ,  $a_2=0.140$ ,  $a_3=0.122$ ,  $P_o=4.2$ ,  $P_T=2.0$ ,  $\Delta PSI=2.2$ , SN requerido=2.40  $S_n2=2.15$  para luego calcular los espesores de la estructura de pavimento.

Los espesores resultantes son de **4.00** pulgadas para la carpeta de rodamiento (adoquín), **2.00** pulgadas de arena y **6.00** pulgadas para la base granular, el cálculo de la sub-base granular da negativo por lo cual no necesita dicha capa. Obteniendo un total de 10 pulgadas de estructura de pavimento articulado.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software "**WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)**", que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO.

Este software resultó ser una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, podemos apreciar que en los resultados cumple con el SN requerido ya que nos da **2.37** muy similar al obtenido manualmente que fue de **2.40**.

Después de hacer la **Evaluación de Impacto Ambiental** del proyecto, se concluye que la mayoría de los impactos negativos se darán especialmente en la etapa de construcción. Los impactos negativos son en su gran mayoría de baja a moderada intensidad, donde los factores del medio más perjudicado serán el aire, suelo y flora y fauna. Para los cuales se proponen soluciones preventivas o correctivas para disminuir o eliminar las afectaciones a nivel biótico, abiótico y social.

En la etapa de operación se darán la mayoría de los impactos positivos principalmente los cuales están relacionados con el fortalecimiento del comercio y el turismo de la región. Los impactos positivos son en su gran mayoría de elevada intensidad.

## RECOMENDACIONES.

1. Los materiales para revestimiento serán provenientes de la explotación de bancos de material selecto. El material deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, teniendo propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan a formar una capa de base bien ligada y densa.
2. Para la mezcla de suelo-cemento de la capa base se deberá utilizar una dosificación del 6% de cemento portland y material del **Banco N°2** (Santamaría)
3. El suelo-cemento será curado durante 7 días por medio de riegos de agua, arena humedad o cualquier otro método aprobado.
4. Realizar pruebas de densidad en compactación cada 20 metros para una mejor estabilización.
5. En la elaboración de la capa base, se debe constatar que el material no esté contaminado, que esté libre de cualquier otro material, ya sea bolsas, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto disminuirá la resistencia de la estructura y provocaría hundimientos en la estructura de rodamiento.
6. Promover un plan de manejo integral de largo plazo que prepare a la población a recuperar o habilitar los suelos desforestados, con el propósito de parar la erosión laminar y evitar la escorrentía que eventualmente conlleva a la formación de cárcavas.
7. Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.
8. La arena que se utilizará deberá ser pasar el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado, libre de material orgánico o material de pómez.



9. Utilizar adoquín tipo tráfico y que este cumpla con su resistencia de 3,500 PSI según la NIC 2000.
10. Los Adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTON 12009-10 para Adoquines de concreto para pavimento.
11. Los materiales pesados de desperdicio deben ser sacados fuera del sitio, a lugares autorizados, tales como terrenos baldíos o potreros, de previos autorizados por el dueño de la propiedad, quien dará su consentimiento o aprobación, previo acuerdo por escrito y presentado al Ingeniero, de acuerdo con las Normas Ambientales establecidas.
12. La estructura final de pavimento articulado debe cumplir con los espesores de diseño que en este caso son, 6 pulgadas de base granular, 2.00 pulgadas de Arena y adoquín de 4 pulgadas.

## **BIBLIOGRAFIA.**

AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edicion). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.

Ayllón Acosta, J. (2004). Guia de pavimentos de concreto Asfaltico. Cochabamba Bolivia: Cochabamba.

Conesa Fdez, V. (2010). Guia Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Canter, L. W. (1998). Manual de Evaluacion de Impacto Ambiental . Madrid : McGrawHill .

Fonseca, A. M. (2011). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras 2da.

Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y carreteras. Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V.

INETER, (2000). Sismicidad de Nicaragua 1993 – 2000.

INETER 2005, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Mapa Climático de Nicaragua, Dirección General de Meteorología, Managua, Nicaragua, 2005.

INETER (2007). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Amenazas Naturales [www.ineter.gob.ni](http://www.ineter.gob.ni).

MTI. (2001). Dirección General de Planificación; Estudio del Plan Nacional de Transporte de Nicaragua.

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTI. (2017). Anuario de Aforos de Tráfico . Managua.

NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

**ANEXOS**

## **Anexo Capitulo I.**

**Fotos: Estado Actual del Tramo en Estudio.**

**Foto N° 1: Punto Inicial en el Tramo de Estudio, Est. 0+000.**



**Fuente:** Tomadas por Sustentantes.

**Foto N° 2: Erosión de la Carpeta de Rodamiento, Est. 0+970.**



**Fuente:** Tomadas por Sustentantes.

**Foto N° 3: Drenaje Longitudinal Existente en Mal Estado, Est. 1+148.**



**Fuente:** Tomadas por Sustentantes.

**Foto N° 4: Erosión y Baches en la Vía, Est. 1+275.**



**Fuente:** Tomadas por Sustentantes.

**Foto N° 5: Erosión media de la carpeta de Rodamiento, Est. 2+318.**



**Fuente:** Tomadas por Sustentantes.

**Foto N° 5: Final del Tramo en Análisis, Est. 2+500.**




**Fuente:** Tomadas por Sustentantes.



## Anexo Capítulo II.

Tabla 77: Formato utilizado para realizar conteo vehicular.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>Sede Regional Del Norte - Recento Augusto C. Sandino</b>																									
FORMATO DE CONTEOS DE TRÁFICO																									
TRAMO CARRETERO:										FECHA CONTEO:															
ESTACION:										SENTIDO:										AFORADOR:					
Hora	Bicic	Moto	Vehiculos Livianos			Perzados de Pasajeros			Perzados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trsc. Animal				
			Autos	Jeep	Camionetas Pick UP's	Mbus	MB > 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSk5	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc					
12:3	12:3	12:3	12345678	12345678910	1234567891011	1234	12345	12345	1234567	1234567	1234	123	1234	12345	12345	12345	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234
4:56	5:678	9:1011121314	11121314151617	1213141516171819	5:678	6:789	6:789	8:9101112	8:9101112	5:678	4:56	5:678	6:789	6:789	6:789	6:789	5:678	5:678	5:678	5:678	5:678	5:678	5:678	5:678	
7:89	3:1011	1516171819	181920212223	20212223242526	3:1011	101112	101112	1314151617	13141516	9:1011	7:89	3:1011	101112	101112	101112	101112	9:1011	9:1011	9:1011	9:1011	9:1011	9:1011	9:1011	9:1011	
10:11	12:1314	20212223	242526272829	27282930313233	12:13	131415	131415	18192021	17181920	12:13	10:11	12:13	131415	131415	131415	131415	12:13	12:13	12:13	12:13	12:13	12:13	12:13	12:13	
12:13	15:1617	24252627	303132333435	34353637383940	14:1516	16:1718	16:1718	22232425	21222324	14:15	12:13	14:15	131415	16:1718	16:1718	15:1617	14:15	14:15	14:15	14:15	14:15	14:15	14:15	14:15	
14:15	18:19	28293031	3637383940	41424344454647	14:1516	19:20	19:2021	26272829	25262728	16	14:15	16	16	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	16	15:16	16	16	16	16	16	

Fuente: Facilitador Ing. José Bustamante.

**Tabla 78: Aforo Vehicular Día lunes 5 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: LUNES 5 DE MARZO 2018				SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000									
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	42	9	0	26	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	80	
07:00	08:00	35	9	0	30	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	79	
08:00	09:00	25	11	0	14	0	0	0	2	2	3	0	0	0	2	0	0	59	
09:00	10:00	11	12	0	9	0	0	1	3	3	0	2	0	0	1	0	0	42	
10:00	11:00	8	13	1	12	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
11:00	12:00	16	7	3	7	0	0	0	1	3	2	0	0	0	1	0	0	40	
12:00	13:00	16	9	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	29	
13:00	14:00	4	10	0	5	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	25	
14:00	15:00	25	0	3	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	36	
15:00	16:00	14	6	0	4	0	1	1	1	3	1	0	0	0	1	0	0	32	
16:00	17:00	22	8	0	3	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	38	
17:00	18:00	12	7	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	22	
TOTAL		230	101	8	118	0	1	8	16	18	8	3	0	0	8	0	0	519	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Tabla 79: Aforo Vehicular Día martes 6 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: MARTES 6 DE MARZO 2018								SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000							
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	51	10	1	15	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	80			
07:00	08:00	38	7	0	7	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	57			
08:00	09:00	24	11	1	5	0	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0	0	48			
09:00	10:00	18	4	0	6	0	0	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	35			
10:00	11:00	10	6	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	22			
11:00	12:00	8	9	1	8	1	0	0	1	5	0	0	0	0	2	0	0	35			
12:00	13:00	6	8	1	3	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	23			
13:00	14:00	5	3	2	2	0	1	1	1	2	1	2	0	0	0	0	0	20			
14:00	15:00	4	8	2	7	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	24			
15:00	16:00	1	10	0	5	0	3	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	26			
16:00	17:00	21	7	1	6	0	1	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	43			
17:00	18:00	4	9	3	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26			
TOTAL		190	92	12	75	1	5	8	11	28	8	4	0	0	5	0	0	439			

Fuente: Elaborado por Sustentantes.



**Tabla 80: Aforo vehicular Día miércoles 7 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: MIERCOLES 7 DE MARZO 2018								SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000					
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	32	7	1	13	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	60
07:00	08:00	27	9	3	6	0	0	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	53
08:00	09:00	14	5	2	8	0	0	0	3	3	2	1	0	0	0	2	0	0	40
09:00	10:00	12	12	3	4	0	0	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	38
10:00	11:00	8	2	2	1	0	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	20
11:00	12:00	3	3	0	5	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	16
12:00	13:00	21	9	1	4	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	41
13:00	14:00	16	7	2	6	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	35
14:00	15:00	7	2	2	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	16
15:00	16:00	18	5	2	7	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	39
16:00	17:00	21	10	1	11	0	0	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	50
17:00	18:00	5	7	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	18
TOTAL		184	78	20	67	0	1	8	18	32	10	2	0	0	0	6	0	0	426

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Tabla 81: Aforo Vehicular Día jueves 8 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: JUEVES 8 DE MARZO 2018								SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000							
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	45	5	3	16	0	0	1	2	2	0	0	0	0	1	0	0	75			
07:00	08:00	21	10	0	7	1	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	45			
08:00	09:00	14	7	1	8	0	0	0	1	4	0	0	0	0	2	0	0	37			
09:00	10:00	18	2	2	5	0	0	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	34			
10:00	11:00	9	9	0	2	0	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	27			
11:00	12:00	7	8	1	5	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	26			
12:00	13:00	32	12	1	11	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	60			
13:00	14:00	11	11	0	5	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	33			
14:00	15:00	2	9	0	4	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	20			
15:00	16:00	3	8	3	6	0	2	1	2	3	2	1	0	0	0	0	0	31			
16:00	17:00	12	9	0	9	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	33			
17:00	18:00	5	8	1	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	21			
TOTAL		179	98	12	81	2	4	8	13	32	6	2	0	0	5	0	0	442			

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Tabla 82: Aforo vehicular día viernes 9 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: VIERNES 9 DE MARZO 2018								SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000					
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	37	9	3	18	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	71	
07:00	08:00	11	10	3	4	0	0	1	2	2	2	2	0	0	0	1	0	38	
08:00	09:00	36	8	1	10	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	60	
09:00	10:00	4	11	1	5	1	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	29	
10:00	11:00	1	5	4	8	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0	25	
11:00	12:00	14	12	3	9	0	0	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	46	
12:00	13:00	2	7	1	11	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	26	
13:00	14:00	2	13	5	6	0	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	33	
14:00	15:00	5	9	1	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	22	
15:00	16:00	22	4	3	6	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	40	
16:00	17:00	16	14	2	20	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	58	
17:00	18:00	4	9	3	6	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	26	
TOTAL		154	111	30	107	1	1	8	18	30	7	4	0	0	0	3	0	474	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Tabla 83: Aforo vehicular día sábado 10 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: SABADO 10 DE MARZO 2018								SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000							
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	43	6	0	14	0	0	1	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	69		
07:00	08:00	8	4	1	8	0	1	1	2	5	3	0	0	0	0	1	0	0	34		
08:00	09:00	6	2	2	7	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	22		
09:00	10:00	10	2	1	5	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	24		
10:00	11:00	9	3	3	9	0	1	1	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0	33		
11:00	12:00	12	1	0	7	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	1	0	0	29		
12:00	13:00	11	4	1	12	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	32		
13:00	14:00	7	1	0	4	1	1	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	22		
14:00	15:00	9	1	2	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22		
15:00	16:00	13	0	2	5	0	1	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	28		
16:00	17:00	32	5	3	8	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	52		
17:00	18:00	3	3	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14		
TOTAL		163	32	16	95	2	5	9	19	29	6	2	0	0	0	3	0	0	381		

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Tabla 84: Aforo vehicular día domingo 11 marzo – 2018.**

HORA		FECHA DE CONTEO: DOMINGO 11 DE MARZO 2018      SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS      UBICACIÓN: EMPALME LA TRANQUERA EST. 0+000																	
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	13	6	0	2	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	26
07:00	08:00	12	2	2	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	24
08:00	09:00	2	4	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
09:00	10:00	16	6	5	5	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	37
10:00	11:00	9	1	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
11:00	12:00	11	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
12:00	13:00	10	8	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	23
13:00	14:00	2	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
14:00	15:00	11	6	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	22
15:00	16:00	8	7	0	6	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
16:00	17:00	11	8	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23
17:00	18:00	8	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
TOTAL		113	61	13	35	5	1	1	12	9	1	0	0	0	0	1	0	0	252

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

**Tabla 85: Factores de la Estación de Mayor Cobertura Nº 1205.**

<i>Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>=5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx>=5	V.A.	V.C.	Otros
Factor Día	1.35	1.39	1.29	1.34	1.21	1.80	1.33	1.31	1.39	1.40	1.00	1.61	1.00	1.00	1.20	1.00	1.55
Factor Semana	0.98	0.99	0.95	0.94	0.98	1.13	1.00	0.90	0.85	0.84	1.29	0.87	1.00	1.00	1.06	1.29	1.03
Factor Fin de Semana	1.05	1.03	1.13	1.20	1.05	0.77	0.99	1.40	1.79	1.90	0.64	1.62	1.00	1.00	0.88	0.64	0.94
Factor Expansión a TPDA	0.98	0.98	1.02	1.01	0.95	1.00	0.99	1.03	0.97	0.99	0.89	0.92	1.00	1.00	3.36	0.85	0.75
<i>Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>=5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx>=5	V.A.	V.C.	Otros
Factor Día	1.28	1.32	1.23	1.28	1.19	1.27	1.25	1.23	1.31	1.27	2.00	1.51	1.00	1.00	1.15	1.00	1.14
Factor Semana	0.94	0.97	0.97	0.93	0.98	0.85	0.95	0.87	0.88	0.85	1.00	0.85	1.00	1.00	0.84	1.29	0.88
Factor Fin de Semana	1.21	1.07	1.10	1.21	1.05	1.80	1.16	1.57	1.54	1.77	1.00	1.82	1.00	1.00	1.89	0.64	1.56
Factor Expansión a TPDA	1.07	1.01	1.02	1.01	1.05	1.17	0.99	1.00	1.02	0.98	0.80	1.04	1.00	1.00	0.78	0.85	1.23
<i>Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>=5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx>=5	V.A.	V.C.	Otros
Factor Día	1.29	1.33	1.32	1.29	1.22	1.46	1.24	1.26	1.40	1.28	1.00	1.59	1.00	1.00	1.39	1.00	1.29
Factor Semana	0.98	1.00	0.97	0.95	1.00	0.88	0.97	0.87	0.86	0.88	1.00	0.90	1.00	1.00	0.94	1.00	0.95
Factor Fin de Semana	1.05	1.00	1.07	1.17	1.01	1.49	1.09	1.56	1.66	1.52	1.00	1.41	1.00	1.00	1.20	1.00	1.17
Factor Expansión a TPDA	0.96	1.01	0.96	0.99	1.00	0.87	1.02	0.97	1.01	1.03	1.60	1.05	1.00	1.00	0.70	1.53	1.16

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2017, Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

















**Tabla 86: Indicadores Macro-Económicos.**

Conceptos-Concept	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PIB (a precios constantes) <sup>1/</sup> - Real GDP <sup>1/</sup>	27,877.4	28,087.5	28,795.5	30,325.2	31,623.9	118,838	124,870	129,161	124,908
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	55,155.3	57,376.3	61,958.5	71,155.6	81,524.4	118,838	136,950	164,602	168,791
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	4,102.4	4,026.0	4,101.5	4,464.7	4,872.0	6,763.7	7,423.4	8,497.0	8,298.7
Población (miles de habitantes) <sup>8/</sup> - Population (thousands) <sup>8/</sup>	5,173.9	5,244.7	5,312.7	5,380.5	5,450.4	5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5
Base monetaria - Monetary base	3,366.3	3,623.2	4,498.4	5,345.5	6,338.1	8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7
Depósitos totales <sup>9/</sup> - Total deposits <sup>9/</sup>	20,694.2	23,471.3	26,708.3	31,155.9	35,238.4	38,792.8	45,454.7	48,776.4	56,489.1
Cartera de crédito bruta <sup>10/</sup> - Gross credit portfolio <sup>10/</sup>	9,935.1	11,327.1	14,724.6	18,776.3	24,415.5	31,941.8	42,026.3	47,198.6	44,241.7
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(5,281.6)	(2,903.1)	(3,754.8)	(3,565.5)	(3,616.2)	(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	(3,645.2)	(1,117.5)	(1,404.8)	(965.9)	(790.0)	578.6	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)
Conceptos-Concept	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
PIB (a precios constantes) <sup>1/</sup> - Real GDP <sup>1/</sup>	130,416	138,654	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,093.2	178,017.4	186,671.0	
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	187,053	219,182	247,993.9	271,529.8	308,403.1	343,737.9	377,349.1	415,126.8	
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	8,758.6	9,774.3	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,611.1	13,184.3	13,814.2	
Población (miles de habitantes) <sup>8/</sup> - Population (thousands) <sup>8/</sup>	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9	6,393.8	
Base monetaria - Monetary base	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	29,138.0	33,113.6	
Depósitos totales <sup>9/</sup> - Total deposits <sup>9/</sup>	70,400.3	82,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1	145,144.1	160,719.0	
Cartera de crédito bruta <sup>10/</sup> - Gross credit portfolio <sup>10/</sup>	45,289.1	53,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2	146,721.6	167,150.3	
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(4,121.9)	(3,457.3)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,906.2)	(11,823.3)	(12,256.2)	
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	(1,101.6)	354.2	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,593.4)	(7,580.1)	(7,967.4)	

Fuente: Informe Anual del BCN -2017.



**Tabla 87: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.**

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracilos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4'4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con finas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

**Fuente:** Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017.

**Tabla 88: Listados Históricos estación N°142 (Empalme-San Nicolás -Estelí).**

ECD	Emp. San Nicolas - Estelí	Estelí	2017	599	923	469	1777	111	75	209	340	368	91	12	374		8			9	5,365	
<div>EMC: 1205</div>			2015	630	674	292	1276	124	28	217	395	273	48	7	356	1		2		14	4,337	
			2012	573	597	345	1427	70	12	229	391	224	34			273			2		19	4,196
			2010	365	515	296	1282	32	5	203	325	237	36			325			1		11	3,633
			2008	382	536	412	1291	42	15	219	338	242	28	1	371			1		6	3,884	
			2005	134	464	339	1092	33	6	252	265	218	37	1	336					5	3,182	
Tasa Crecimiento:		5.56%	2003	50	297	204	637	15	0	147	156	151	33	1	199					4	1,893	
			2001	84	284	271	955	32	9	183	204	186	14		104	0				3	2,329	
			2000	85	243	243	861	15	5	177	180	203	46	1	182					11	2,252	

**Fuente:** Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017,pag. 97 PDF).

**Tabla 89: Crecimiento Económico de Nicaragua Año-2017.**

Principales indicadores macroeconómicos					
Conceptos	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Actividad económica</b>					
PIB a precios constantes ( <i>tasas de crecimiento</i> )	4.9	4.8	4.8	4.7	4.9
PIB per-cápita ( <i>en US\$</i> )	1,790.4	1,916.8	2,013.7	2,083.5	2,160.6
PIB per-cápita ( <i>tasas de crecimiento</i> )	3.2	7.1	5.1	3.5	3.7
Empleo INSS ( <i>tasa de crecimiento</i> )	8.0	5.4	8.9	10.8	6.6

Fuente: Informe Anual BCN-2017 Pág. 17.

**Gráfico 21: Crecimiento Económico de Nicaragua Año-2017.**





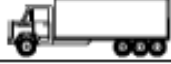



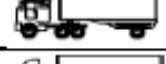

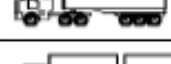

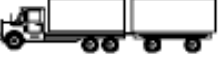

Fuente: Informe Anual BCN-2017 Pág. 10.

**Tabla 90: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.**

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

**Fuente:** Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

**Tabla 91: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.**

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

**Fuente:** Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.



**Tabla 92: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.**

*Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,  $p_t = 2.0$*

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2.2 → 2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4.4 → 4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
8.8, 9.9 → 6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
11 → 8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
14.3 → 10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
17.6 → 12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
22 → 14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
26 → 16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
30 → 18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
36 → 20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
44 → 22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
50 → 24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3
	50	222.5	113	108	97	86	81

**Fuente:** Manual AASHTO-93 Design Requirements.

**Tabla 93: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Dobles.**

*Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem,  $p_t = 2.0$*

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

## Anexo Capitulo III.

Tabla 94: Clasificación de suelos (AASHTO).

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)  
Si el LP  $\geq$  30, la clasificación es A-7-6  
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

Tabla 95: Clasificación Unificada de suelos (S.U.C.S.).

DIVISIÓN MAYOR		NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ☺	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM d u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	
		ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* SM d u	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	
		LÍMITE Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ☻	LÍMITE Líquido Mayor de 50	LÍMITE Líquido Mayor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
			MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.	
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.	
	LÍMITE Líquido Mayor de 50	LÍMITE Líquido Mayor de 50	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.	
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.	

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.



**Tabla 96: Relación densidad - humedad se suelos (próctor Modificado, Banco-1).**

RELACION DENSIDAD - HUMEDAD SE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)					
AASHTO					
PESO MOLDE	4348	PESO DE MARTILLO	10 LBS	GOLPES POR CAPA	25
VOLUMEN	0.927	CAIDA DEL MARTILLO	18"	NUMERO DE CAPAS	5
COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA					
PESO DEL MATERIAL + MOLDE KGS	6300	6400	6500	6480	6460
PESO DEL MOLDE	4348	4348	4348	4348	4348
PESO DEL MATERIAL	1952	2052	2152	2132	2112
PESO VOLUMETRICO DEL MATERIAL HÚMEDO	2106	2214	2321	2300	2278
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	1928	1985	2062	1978	1915
CONTENIDO DE AGUA DE LA MUESTRA COMPACTADA					
TARA N°	D - L	D - C	D - B	P - 2	P - 1
PESO DE TARA + MATERIAL HUMEDO	225	223.3	223.3	250	250
PESO DE TARA	0	0	0	0	0
PESO DE MATERIAL HUMEDO	225	223.3	223.3	250	250
PESO DE TARA + MATERIAL SECO	206	200.3	198.3	215	210
PESO DE MATERIAL SECO	206	200.3	198.3	215	210
PESO DE AGUA	19	23	25	35	40
CONTENIDO DE HUMEDAD	9.2	11.5	12.6	16.3	19

Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Gráfico 22: Próctor Modificado, Banco-1.**



Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Tabla 97: Relación densidad - humedad se suelos (próctor Modificado, Banco-2).**

RELACION DENSIDAD - HUMEDAD SE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)					
AASHTO					
PESO MOLDE	6615	PESO DE MARTILLO	10 LBS	GOLPES POR CAPA	25
VOLUMEN	2.101	CAIDA DEL MARTILLO	18"	NUMERO DE CAPAS	5
COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA					
PESO DEL MATERIAL + MOLDE KGS	10654	11004	11332	11141	
PESO DEL MOLDE	6615	6615	6615	6615	
PESO DEL MATERIAL	4039	4389	4717	4526	
PESO VOLUMETRICO DEL MATERIAL HÚMEDO	1922.4	2089.0	2245.1	2154.2	
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	1830.9	1946.9	2054.1	1932.0	
CONTENIDO DE AGUA DE LA MUESTRA COMPACTADA					
TARA N°	A-5	A-1	A-4	A-8	
PESO DE TARA + MATERIAL HUMEDO	237.95	210.1	264.89	288.6	
PESO DE TARA	0	0	0	0	
PESO DE MATERIAL HUMEDO	237.95	210.1	264.89	288.6	
PESO DE TARA + MATERIAL SECO	226.61	195.8	242.4	258.83	
PESO DE MATERIAL SECO	226.61	195.8	242.4	258.83	
PESO DE AGUA	11.34	14.3	22.49	29.77	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5	7.3	9.3	11.5	

Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Gráfico 23: Próctor Modificado, Banco-2.**



Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Tabla 98: Compactación CBR, Banco-1.**

COMPACTACION C.B.R.						
	P.V.S. Max. Kg/m³ :	2,062	Hum. Optima (%) :	12.60		
MOLDE	1	7	5			
Altura de Especimen	1.26	1.27	1.27			
Número de capas	3	3	3			
Número de golpes/capa	16	36	71			
Peso mat. Hum.+molde	11200	11800	12550			
Peso molde	6515	6840	7000			
Peso mat. Humedo	4685	4960	5550			
Volumen de Especimen	2317	2335	2427			
Densidad humeda	2022	2124	2287			
Densidad seca	1842	1945	2084			
Comp. Reproducido	89	94	101			
Ensayo carga Penetración						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	15	46	25	77	35	108
0.05"	50	155	80	248	120	371
0.075"	100	310	140	433	190	588
0.1"	160	495	200	619	230	711
0.15"	220	681	260	805	290	897
0.2"	260	805	310	960	360	1113
0.3"	340	1052	370	1145	500	1546
0.4"	530	1640	440	1362	640	1979
C.B.R		39		47		55

Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Gráfico 24: Carga Penetración, Banco-1.**



Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Tabla 99: Compactación CBR, Banco-2.**

COMPACTACION C.B.R.						
FECHA	16/5/2015	P.V.S. Max. Kg/m³ :	2,054	Hum. Optima (%) :	9.30	
MOLDE		1	3	5		
Altura de Especimen		17.75	17.75	17.75		
Número de capas		3	3	3		
Número de golpes/capa		16	36	71		
Peso mat. Hum.+molde		11216	11460	11657		
Peso molde		7000	7010	6970		
Peso mat. Humedo		4216	4450	4687		
Volumen de Especimen		2086	2086	2086		
Densidad humeda		2021	2133	2247		
Densidad seca		1854	1961	2059		
Comp. Reproducido		90	95	100		
Ensayo carga Penetración						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	23	468	30	611	42	855
0.05"	38	774	52	1059	69	1405
0.075"	53	1079	74	1507	96	1954
0.1"	70	1425	91	1853	125	2545
0.15"	92	1873	125	2545	158	3217
0.2"	110	2239	153	3115	191	3889
0.3"	132	2687	182	3705	226	4601
0.4"	151	3074	210	4275	260	5293
C.B.R		50		69		86

Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Gráfico 25: Carga Penetración, Banco-2.**



Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).



**Tabla 100: Desgaste los Ángeles, Banco-1.**

DESGASTE DE LOS ANGELES	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1300
DIFERENCIA	3,700
% APROXIMADO DE DESGASTE	26
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3495
% DEFINITIVO DE DESGASTE	30.1
RESULTADO DE INTEMPERISMO	
	7.3

Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

**Tabla 101: Desgaste los Ángeles, Banco-2.**

DESGASTE DE LOS ANGELES	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1480
DIFERENCIA	3,520
% APROXIMADO DE DESGASTE	29.6
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3475
% DEFINITIVO DE DESGASTE	30.5
RESULTADO DE INTEMPERISMO	
	7.9

Fuente: CONDISA (Consultoría y Diseños S.A-2017).

## GLOSARIO

**Capa Superficial:** Capa o capas superiores de la estructura de un pavimento diseñada para resistir las cargas del tráfico, de la cuales la capa superior resiste el deslizamiento y desgaste del tráfico y los efectos desintegradores del clima. A la capa superior se le conoce como “capa de desgaste”.

**Carretera, Calle o Camino:** Término genérico que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículo y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

**Carril:** Cualquier subdivisión de la superficie de rodamiento que tenga el ancho suficiente para permitir la circulación de una fila de vehículos.

**Corte:** Es la excavación que se realiza en el terreno para conformar la estructura de la vía y elementos auxiliares de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos.

**Derecho de Vía:** Área o superficie de terreno, destinada al uso de una carretera, camino o calle, que está delimitada a ambos lados por los linderos de las propiedades colindantes.

**Desperdicio o Extra:** Es el volumen de material proveniente de los cortes dentro del trazo de la carretera, camino o calle, que no se utiliza en la formación de rellenos o terraplenes.

**Equipo:** Toda maquinaria, junto con los suministros necesarios para su reparación y mantenimiento. También se incluye las herramientas y aparatos necesarios para la construcción y acabado aceptable del trabajo.

**Especificaciones:** En general, se denomina con este nombre a la compilación de estipulaciones y requisitos detallados para la construcción de las obras de un proyecto o el suministro de bienes o servicios.

**Estación:** Usado como unidad de medida, es una distancia determinada en metros lineales a lo largo de la vía. Cuando se use para identificar a determinado lugar de la vía en construcción, significará la distancia acumulada en kilómetro y fracción de kilómetro medida a lo largo del eje de la vía a partir del punto de comienzo del proyecto.

**Estratigrafía:** Es la parte de la geología que estudia la forma, disposición, distribución geográfica, sucesión cronológica y relaciones de los estratos.

**Granulometría:** Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

**Laboratorio:** Lugar donde se realizan pruebas de control de la calidad de los materiales a utilizar en determinada obra.

**Pavimento:** Es el conjunto de sub-base, base, y superficie de rodamiento colocado sobre la subrasante, cuya función es la de soportar los esfuerzos que le imponen las cargas directas del tráfico, distribuirlo a la subrasante y a la vez resistir al desgaste y proveer una superficie que permita una circulación cómoda y segura.

**Permeabilidad:** Es la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.

**Préstamo:** Es el volumen de suelo adecuado proveniente de la excavación hecha fuera del prisma de la carretera, camino o calle, requerido generalmente para completar la construcción de terraplenes o rellenos.

**Proyecto:** La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

**Rasante:** Es el nivel final de la superficie de rodamiento de una carretera, camino o calle. También se llama así a la traza de un plano vertical que intercepta la superficie antes mencionada, usualmente a lo largo de la línea central de la vía. El término puede referirse tanto a la elevación como a la pendiente de dicha traza según el contexto.

**Sección Transversal:** Dibujo en que se muestra una sección del camino cortada a todo lo ancho de la vialidad. También se puede aplicar a un arroyo, talud, deslizamiento, etc.

**Base:** Capa o capas de material colocado sobre la sub-base o sub-rasante para soportar la capa superficial de un pavimento.

**Sub-Base:** La capa o capas de material colocado sobre una sub-rasante para soportar la base.

**Sub-Rasante:** Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de subbase, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

**Terraplén:** Material excavado que se coloca sobre la superficie de un terreno preparado para construir la sub-rasante del camino y la plantilla de base del camino.